

Curso 2009/10
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS/27
I.S.B.N.: 978-84-7756-973-2

GONZALO LOZANO SOLDEVILLA

**Metales pesados: aportaciones al estudio
toxicológico de especies y alimentos marinos
en las Islas Canarias**

Directores

**ENRIQUE GARCÍA MELÓN
ARTURO HARDISSON DE LA TORRE**



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

A Charo y Enrique.....

Ellos saben porqué.

Llevo más de media vida arrumbando entre las olas, esquivando los arrecifes y capeando los temporales que, cual nocturnos fantasmas, yo mismo he creado en la primera mitad de mi existir.

Sobre mi océano de noes y exclusismos me acompaña la adormecida estela de mi circunstancia, recuerdo perpetuo de la vanidad de mi conciencia y del egoísmo de mis sentimientos.

*Tal vez, en el siempre del ahora mismo, el fulgor del Sol en su último ocaso me marque la recta y final singladura.....
Puede que entonces, en incierto día, alcance la plena sabiduría.*

*Meditación personal sobre el Poema XIV de Octavio Paz
y "Old and Wise" de Alan Parson.*

1995

INDICE DE LA TESIS DOCTORAL.

A modo de justificación.	Página 1
Agradecimientos.	Página 3
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.	Página 5
I. 1 Trabajo nº 1.	Página 6
I. 2. Trabajo nº 2.	Página 7
I. 3. Trabajo nº 3.	Página 12
I. 1. Trabajo nº 1 Original.	Página 15
I. 2. Trabajo nº 2 Original.	Página 21
I. 3. Trabajo nº 3 Original.	Página 28
Concesión de Sexenio de Investigación 1992 - 1 997.	Página 34
Concesión de Sexenio de Investigación 1998 – 2006.	Página 35
Concesión Complemento Investigador GOBCAN 2002.	Página 36
Concesión Complemento Investigador GOBCAN 2005.	Página 37
I. 4. Propiedades generales de los metales pesados en algas y alimentos marinos. Legislación europea ad hoc.	Página 38
I. 4. 1. Propiedades generales de los metales pesados tóxicos.	Página 38
I. 4. 1. 1. Consideraciones sobre las IDRs, PTWIs e IDAs.	Página 41
I. 4. 1. 2. Mercurio.	Página 42
I. 4. 1. 3. Plomo.	Página 45
I. 4. 1. 4. Cadmio.	Página 46
I. 4. 2. Propiedades generales de los metales pesados esenciales.	Página 48
I. 4. 2. 1. Hierro.	Página 48
I. 4. 2. 2. Zinc.	Página 49
I. 4. 2. 3. Manganeso.	Página 50
I. 4. 2. 4. Cromo.	Página 51
I. 4. 2. 5. Cobre.	Página 52
I. 4. 2. 6. Níquel.	Página 53
I. 4. 3. Algas.	Página 54
I. 4. 4. Alimentos marinos.	Página 55

I. 4. 5. Legislación Comunitaria.	Página 56
II. MATERIAL Y MÉTODOS.	Página 58
II. 1. Material biológico.	Página 58
II. 1. 1. Algas.	Página 58
II. 1. 2. Moluscos enlatados.	Página 63
II. 2. Preparación de muestras analíticas.	Página 68
II. 2. 1. Algas.	Página 68
II. 2. 2. Moluscos.	Página 68
II. 3. Lectura de muestras analíticas.	Página 69
II. 3. 1. Estudio de recuperación metálica y validación.	Página 70
II. 3. 2. Estudio estadístico.	Página 74
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE CONTENIDOS	
METÁLICOS.	Página 75
III. 1. Algas.	Página 75
III. 2. Mejillones.	Página 78
III. 3. Zamburiñas.	Página 85
IV. CONCLUSIONES.	Página 89
V. BIBLIOGRAFÍA.	Página 91

A modo de justificación.

La presentación de esta Tesis Doctoral siendo el autor Doctor en Ciencias Biológicas desde el mes de marzo del año 1978 y Profesor Titular de Universidad desde enero de 1985 debe entenderse como una cuestión absolutamente voluntaria, un buen ejercicio de gimnasia académica totalmente alejada de la imperiosa necesidad que toda Tesis significa, normalmente, para la continuación de la carrera académica y la consecución del estado de estabilidad profesional y laboral tras las consabidas acreditaciones y concursos actualmente en vigencia. La integración personal y académica del que suscribe en la Escuela Técnica Superior de Náutica, Máquinas y Radiotelegrafía Naval de la Universidad de La Laguna, primero como alumno de III^{er} Ciclo del programa de doctorado “Navegación Marítima, Evolución Histórica y Contaminación”, en el bienio 1993 – 1994, obteniendo el diploma de Suficiencia Investigadora en 1994, y luego como Profesor del Programa de Tercer Ciclo del Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación, el ser académico numerario de la Academia Canaria de Ciencias de la Navegación, miembro del Foro Marítimo de Tenerife y Patrón de Embarcaciones de Litoral son buenas razones para la justificación del porqué de esta memoria, y sobre todo el acicate recibido por parte de buenos amigos y colegas pertenecientes a dicha ETSNMR, para la colación de dicho Grado de Doctor en el área de la marina civil

La Unidad Docente e Investigadora de Ciencias Marinas del Departamento de Biología Animal de la Facultad de Biología de la Universidad de La Laguna (DBA - ULL), hasta 1987 Departamento de Ciencias Marinas, a la que el autor de esta Tesis pertenece, mantiene desde 1972 una línea de investigación de contaminación marina referida al estudio de los niveles de concentración de metales pesados en la flora y fauna marina de las Islas Canarias y costa noroeste de África y en alimentos marinos de consumo corriente entre la población canaria, tanto de procedencia canaria como peninsular. El estudio de los metales pesados tóxicos (**Hg, Pb, Cd**) como contaminantes del medio, especies y alimentos marinos ha sido la principal y más constante línea de investigación desarrollada a lo largo de la vida académica investigadora del autor de este trabajo, y se puede resumir, a grandes rasgos, en la autoría de cerca de 60 aportaciones científicas en revistas, libros y congresos nacionales e internacionales, la dirección (3) y participación (2) en proyectos de investigación, la dirección de tres Tesis de Licenciatura y tres Tesis Doctorales (dos

en redacción final), iniciándose esta actividad con la defensa de la propia Tesina de Licenciatura en el mes de julio de 1973, que versaba sobre la contaminación mercurial del la caballa canaria ***Scomber colias*** Gmelin, 1789.

Posteriormente se continuó, en parte, esta línea de trabajo con la Tesis Doctoral, leída en marzo de 1978, al seguir con el estudio del contenido mercurial de la misma especie dentro de lo que fue un estudio anatómico-morfológico, biométrico e inmunotaxonómico, Tesis que mereció la calificación de Sobresaliente *cum Laude* y más tarde el Premio de Investigación “**Viera y Clavijo**” de Ciencias 1978, del Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Las Palmas de Gran Canaria.

Estos primeros resultados, logrados gracias a la utilización del entonces único espectrofotómetro de absorción atómica existente en Canarias (Instituto de Biología Aplicada del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife), fueron ampliándose gracias a la adquisición de un equipo de última generación (¡¡de entonces!!) a finales de los 70’s por la ULL y por el inicio de colaboraciones con otros centros canarios, como la entonces Dirección General de la Salud de Santa Cruz de Tenerife, culminando en la actualidad con la creación del grupo de investigación interdisciplinar e interdepartamental **TOXMAR** (**TOX**icología y Contaminación **MAR**ina), integrado por profesores de las áreas de Ciencias y Técnicas de la Navegación, Medicina Preventiva y Salud Pública y Toxicología, y Zoología, de la ULL.

A lo largo de estos años, los estudios se han basado en el contenido en metales pesados tóxicos y metales esenciales de multitud de especies de algas (clorofitas, feofitas y rodofitas), moluscos (bivalvos y cefalópodos) crustáceos (palemónidos y pandálidos), y peces (condrictios y osteictios), incidiendo especialmente en aquellas que tienen importancia pesquera (alimentaria), tanto en material fresco como en parcial o totalmente transformado (salazones, jareas, enlatados, etc.).

Más específicamente, y contando desde el mes de septiembre de 1995, fecha en la que se inscribió la Tesis en la Comisión de Doctorado, se han publicado quince trabajos en revistas extranjeras contempladas en el **ISI**, que entre otras cosas han significado la concesión de dos sexenios de actividad investigadora por parte de la CNEAI (Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora) y de otros dos sexenios por la ACECAU (Agencia Canaria de Evaluación de la Calidad y Acreditación Universitaria), en este caso como complementos autonómicos canarios.

Agradecimientos.

Esta Tesis, presentada por el modelo de compendio de publicaciones, es producto de una labor de muchos años de investigación multidisciplinar en equipo en los laboratorios, a bordo de buques pesqueros y de investigación oceanográfica y pesquera, lonjas de pescado y localidades al borde de la mar, puntos de venta y desembarque, muchas veces con subvención oficial y otras muchas con gastos a cargo del peculio del investigador, y todo ello implica que hay un gran número de personas que han colaborado en ella y que por simple y pura justicia no debo dejar de nombrar. Vaya por delante el recuerdo de mi padre, el Prof. Dr. Fernando Lozano Cabo, con quien “*eché los dientes*” en la vida y en la Biología, que dirigió mi Tesina y Tesis Doctoral y me enseñó qué significa el talante universitario, el purismo académico y personal y el hacer las cosas como deben ser, aparte de otras muchas cosas objetivas y subjetivas durante los primeros treinta y un años de mi existencia.

Mis hermanos Fernando e Ignacio José (†), el segundo desgraciadamente fallecido en el mes de diciembre de 2008, con quienes comparto y compartí familia, profesión, ilusión y plan docente.....

¡¡¡ Gracias a los dos !!!

Mis Directores de Tesis, mis grandes amigos Enrique García Melón, Catedrático de Ciencias y Técnicas de la Navegación, retirado en el año 2009, y Arturo Hardisson de la Torre, Catedrático de Toxicología, con los que comparto Universidad, Academia, Hermandad, Cofradía y otras cualidades más mundanas. Ellos son los dos “*culpables*” directos de esta Tesis..... ¡¡¡gracias por estar conmigo!!!

D. Tomás González Iglesias, Técnico Superior del Laboratorio de la Dirección de Área de Sanidad (Sistema Canario de Salud) y baluarte indispensable para la realización de los trabajos utilizados en la presente Tesis, por su cooperación y ayuda en todas las técnicas analíticas utilizadas en la lectura de las muestras.

D. Ángel José Gutiérrez Fernández, actualmente Profesor perteneciente al área de Toxicología, a quien le dirigí su Tesis de Licenciatura y su Tesis Doctoral, conjuntamente con el Prof. Hardisson de la Torre, y que hoy pertenece al grupo **TOXMAR**; “*conditio sine qua non*” y baluarte del equipo en las cuestiones estadísticas y en la logística del día a día.

Todos los maestros, colegas, amigos y colaboradores que a lo largo de mis 37 años de vida académica en la ULL me han brindado su amistad, consejo y crítica constructiva, especialmente los profesores Evaristo Cardell Cristellys (codirector de mi Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas), Rafael Alvarado Ballester, Dimas Fernández-Galiano Fernández, Leonardo Ardoy Bejarano, Wolfredo Wildpret de la Torre, Enrique Fernández Caldas, Francisco Jorge García Montelongo, Luis Galindo Martín, María Luisa Tejedor Salguero, Alberto Brito Hernández, Jacinto Barquín Díez, José Antonio García Braun, Carmelo Prendes Ayala, Carmen Dolores Lorenzo Bethencourt, Raimundo Cabrera Pérez, M^a Candelaria Gíl Rodríguez, M^a Catalina León Arencibia, Pilar Badía Cubas, Antonio Lorenzo Hernández, M^a Rosario Alonso Alonso, Miguel Ibáñez Genís..... ¡¡tantos y tantos!!

Mis compañeros de la Academia Canaria de Ciencias de la Navegación, que al recibirme en su seno me han dado una de las mayores satisfacciones académicas de mi vida y me obligan a mantenerme siempre en el tajamar. Su amistad me honra.

A la UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA, sobran mayores explicaciones.

Finalmente, no puedo dejar de nombrar aquí a mi querido abuelo paterno, el Prof. Dr. Luis Lozano y Rey, Catedrático de Zoología de Procordados y Vertebrados de la antigua Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Central de Madrid, hoy Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense, Conservador de Vertebrados del Museo Nacional de Ciencias Naturales y Académico (medalla nº 9) de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Él, que fue uno de los pioneros de las Ciencias Marinas en la Universidad Española, es uno de los científicos marinos más importante del pasado siglo en el campo de las Ciencias Naturales españolas, con reconocida fama internacional como ictiólogo, constituyendo su "***Ictiología Ibérica***", con más de cincuenta años desde la publicación del su último tomo (publicación póstuma, realizada por mi padre), obra de consulta obligada aún en la actualidad. Su lejano recuerdo me conmueve y me llena de íntimo orgullo.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL.

El B.O.C nº 31, de 16 de febrero de 2009, publicó la **RESOLUCIÓN de 3 de febrero de 2009, por la que se dispone la publicación del Reglamento de Enseñanzas Oficiales de Máster y Doctorado de la Universidad de La Laguna.** En su artículo 17 se recoge la opción de presentación de la Tesis por el modelo de compendio de publicaciones, estipulando que previa a la presentación de la Tesis y con la autorización expresa de sus directores se tengan publicados o aceptados para su publicación con fecha posterior a la de su matriculación en la fase de investigación del Programa, un número mínimo de tres artículos con unidad temática en revistas científicas cuyo índice de impacto se encuentre situado en la primera mitad de la relación de revistas del **Journal Citation Reports** para su área o áreas afines. El índice de impacto a tener en cuenta será el correspondiente al del año de la publicación.

Cumpliendo con esta norma, se han elegido como cuerpo de la Tesis tres trabajos que cumplen sobradamente con estas condiciones, el primero dentro del estudio de especies constitutivas de la flora algal de la isla de Tenerife (aspecto ecotoxicológico) y los dos restantes de moluscos bivalvos enlatados de consumo corriente por la población canaria (aspecto de toxicología alimentaria). Los tres se engloban en la línea de trabajo sobre toxicología y contaminación marina en sus aspectos ambientales y alimentarios, iniciada en 1972 y que se configuró definitivamente en su actual estado con la constitución del grupo de investigación **TOXMAR**¹, en 2009, como específicamente marino dentro del grupo general registrado en la ULL y liderado por el Prof. Arturo Hardisson de la Torre. Se trata, por tanto, de tres aportaciones científicas fruto de un equipo de investigación multidisciplinar perfectamente consolidado.

El artículo 17.2 especifica que la presentación de la Tesis por la modalidad de compendio de publicaciones deberá atenerse a lo siguiente:

a) Debe incluir una introducción general en la que se presenten los trabajos y se justifique la unidad temática, así como un resumen global de los objetivos de la

¹ Grupo constituido con motivo de la creación, por parte del Gobierno de Canarias, del **Proyecto Estructurante de Ciencias Marinas ESMAR**. Es un subgrupo de nueve investigadores, liderado por el Dr. que suscribe, derivado de la Línea de Investigación "Composición general, bromatología y toxicología de organismos marinos", del antiguo Programa de Doctorado "Ciencias de la Vida y del Medio Ambiente".

investigación, de la metodología aplicada, de los resultados obtenidos, de la discusión de estos resultados y de las conclusiones finales.

b) Entre la introducción y el resumen mencionados, o bien como anexos, deberá figurar una copia completa de los trabajos donde consten necesariamente los datos personales de todos los autores, así como la referencia completa de la revista en la que los trabajos han sido publicados o, en su caso, la carta de aceptación.

I. 1. Trabajo nº 1.

Lead and Cadmium levels in coastal benthic algae (seaweeds) of Tenerife, Canary Islands. LOZANO, G., HARDISSON, A, GUTIÉRREZ A.J. and LAFUENTE, M.A. Environment International. Vol. 28 (2003) 627-631. Esta revista tenía un índice de impacto **1,226** y estaba situada en el lugar **51 de 131** en el campo de **Ciencias Ambientales** en dicho año 2003. Esta fue una de las cinco aportaciones presentadas en 2006 a la CNEAI para solicitar un tramo de investigación (sexenio), concedido con fecha 5 de junio de 2007.

Tiene como antecedentes, en la línea argumental de contenido de metales pesados en algas, la dirección de una Tesina de Licenciatura en la Facultad de Biología: **Estudio de la concentración de metales pesados en algas bentónicas litorales de la Isla de Tenerife**, defendida en 1984 por la licenciada Mercedes Campos Delgado, y que fue codirigida por la Prof^a María Candelaria Gíl Rodríguez (Catedrática de Botánica de la ULL) y por el Prof. Luis Galindo Martín (Profesor Titular de Química Analítica de la ULL), continuándose posteriormente los trabajos en algas con las siguientes aportaciones:

-Niveles de concentración de metales pesados en algas marinas bentónicas litorales de la Isla de Tenerife M. CAMPOS, L. GALINDO, M.C. GÍL RODRÍGUEZ, A. HARDISSON y **G. LOZANO**. Revista de Toxicología. Vol. 4 (1987) 1988. 73-81

-Concentrations levels of lead and cadmium in algae of the Canary Islands littoral. HARDISSON, A.; **LOZANO, G.**; HERNÁNDEZ, A. and BONIS, A. Toxicology Letters. Supplement 1/88 (1996) 80

-Concentration levels of mercury in algae of the Canary Islands littoral. LOZANO, G., HARDISSON, A. & HERNÁNDEZ-VELÁZQUEZ, A. Metal Ions in Biology and Medicine. Vol. 4 (1996). 175-177 I.S.B.N.: 2 - 7420 - 0130 - 1.

-Mercury in algae of the Canary Islands littoral. HARDISSON, A.; FRÍAS, I.; DE BONIS, A.; LOZANO, G., and BÁEZ, A. Environment International. Vol. 24, (8) (1998). 945-950

I. 2. Trabajo nº 2.

Content of Toxic and Essential Metals in Canned Mussels Commonly Consumed in Tenerife (Canary Islands, Spain). GUTIÉRREZ, A., LOZANO, G., HARDISSON, A., RUBIO, C., and GONZÁLEZ, T. Journal of Food Protection. Vol. 67 (7) (2004) 1526-1532. Esta revista tenía un índice de impacto **1,874** y estaba situada en el lugar **10 de 94** en el campo de Ciencia y Tecnología de Alimentos en dicho año 2004. Esta fue una de las cinco aportaciones presentadas en 2006 a la CNEAI para solicitar un tramo de investigación (sexenio), concedido con fecha 5 de junio de 2007.

Este trabajo tiene como antecedentes, en la línea argumental de contenido de metales pesados tóxicos y esenciales de especies animales y alimentos marinos, la dirección o participación en los siguientes Proyectos de Investigación:

-Estudio de la composición química del pescado fresco y conservado, de su valor alimenticio, así como de su bromatología y otros problemas sanitarios.

Entidad financiadora: Presidencia del Gobierno de España.

Entidades participantes: Universidad de La Laguna (dos subproyectos) e Instituto Español de Oceanografía (un subproyecto). Duración: 1979-1982. Cuantía de la subvención: 5. 5000.000 Pta

Investigador responsable: **Prof. Gonzalo Lozano Soldevilla** (subproyecto de la Facultad de Biología).

Número de investigadores participantes: 5

-Contribución al estudio de los niveles de concentración mercurial de los salazones de pescado en la isla de Tenerife.

Entidad financiadora: Vicerrectorado de Investigación (Plan de Fomento de la Investigación) de la ULL.

Entidades participantes: ULL. Duración: 1980-1982. Cuantía de la subvención: 900.000 Pta

Investigador responsable: **Prof. Gonzalo Lozano Soldevilla.**

Número de investigadores participantes: 1

-Estudio químico-analítico de la contaminación del mar costero, fauna ictiológica, alimentos envasados, vinos y atmósfera en las Islas Canarias, con especial atención a las concentraciones de metales pesados y aniones tóxicos (Proyecto 52/22.04.85).

Entidad financiadora: Dirección General de Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias.

Entidades participantes: ULL. Duración: 1986-1988. Cuantía de la subvención: 4.300.000 Pta

Investigador responsable: Prof. Francisco García Montelongo.

Número de investigadores participantes: 7

-Estudio del contenido de metales pesados en tiburones de profundidad en aguas de las Islas Canarias, Madeira y Azores (Proyecto 205-149/1996).

Entidad financiadora: Dirección General de Pesca del Gobierno de Canarias.

Entidades participantes: ULL. Duración: 1997-1999. Cuantía de la subvención: 4.100.000 Pta

Investigador responsable: **Prof. Gonzalo Lozano Soldevilla.**

Número de investigadores participantes: 3

-Estudio del impacto toxicológico, nutricional y ambiental de los peces de crianza en Canarias (Proyecto IMPECA).

Entidad financiadora: MEC-Plan Nacional de I + D + i (2004-2007).

Entidades participantes: ULL. Duración: 2004-2007. Cuantía de la subvención: 40.000 €

Investigador responsable: Prof. Arturo Hardisson de la Torre.

Número de investigadores participantes: 11

En segundo lugar la dirección de las siguientes Tesis de Licenciatura y Tesis Doctorales:

-Estudio toxicológico de mejillones enlatados de consumo habitual en la isla de Tenerife.

Tesinando: Angel José Gutiérrez Fernández.

Universidad: Universidad de La Laguna.

Facultad / Escuela: Facultad de Biología.

Fecha: 2002. Sobresaliente.

Codirector: Prof. Arturo Hardisson de la Torre.

-Estudio del contenido de metales tóxicos y esenciales en especies de moluscos enlatados de consumo habitual en la Isla de Tenerife.

Doctorando: Ángel José Gutiérrez Fernández.

Universidad: Universidad de La Laguna.

Facultad / Escuela: Facultad de Biología.

Fecha: 2005. Sobresaliente cum Laude.

Codirector: Prof. Arturo Hardisson de la Torre.

-Estudio del contenido de metales pesados en tiburones de profundidad de las Islas Canarias, Madeira y Azores.

Doctorando: Alejandro Báez Acosta.

Universidad: Universidad de La Laguna

Facultad / Escuela: Facultad de Biología.

Fecha: En fase de redacción.

Codirector: Prof. Arturo Hardisson de la Torre.

-Estudio del contenido de metales pesados tóxicos (Hg, Pb, Cd) y esenciales (Zn, Cu, Fe, Mn, Cr) en peces litorales de la costa N de Gran Canaria.

Doctorando: Aridani Afonso Hanna.

Universidad: Universidad de La Laguna.

Facultad / Escuela: Facultad de Biología.

Fecha: En fase de redacción.

Codirector: Dr. Ángel José Gutiérrez Fernández.

En tercer lugar, la publicación de los siguientes trabajos científicos:

-Contribución al estudio de la contaminación mercurial del Estornino (*Scomber colias* Gmelin, 1789) en la Isla de Tenerife (*Pisces, Scombridae*). G. LOZANO. Vieraea. Vol. 4 (1974) 1975 Nr. 1-2 133-147.

-Contribución al estudio de la contaminación mercurial de las especies pesqueras del Banco Sahariano y Archipiélago Canario. G. LOZANO y E. CARDELL. Vieraea. Vol. 7 (1977) 1978. 175-180.

-Contribución al estudio de la contaminación por metales pesados en especies marinas del Archipiélago Canario y Banco Sahariano. I. Mercurio. G. LOZANO, M. ROS, E. BALGUERÍAS, A. HARDISSON, L. GALINDO y F.J. GARCÍA MONTELONGO. Anal. Bromatol. Vol. XXXII – 4 1980. 349-352.

-Determinación de niveles de mercurio en peces de Tenerife. G. LOZANO. Informe científico-técnico solicitado por el Centro Costero de Canarias del IEO-MAPA. 1981. 1.

-Mercurio en especies marinas. A. HARDISSON y G. LOZANO. Alimentaria. Volumen: Año XXII, Nr. 163 1985. 59-65.

-La contaminación mercurial de los salazones de pescado en la Isla de Tenerife. G. LOZANO. Vol. Tomo Homenaje al Prof. Dr. D. Antonio González González. 1985. 201-206.

Editorial Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.

-Consideraciones alimentarias en especies de peces de consumo común en las Islas Canarias. G. LOZANO, M. ROS, M.E. QUINTERO, E. BALGUERÍAS y F. LOZANO. Alimentaria. Vol. XXIV Nr. 180. 1987. 47-56.

-Parámetros biométricos y analíticos de *Palaemon elegans* Rathke 1837, en las costas de Tenerife (Islas Canarias). E. HERRAIZ, G. LOZANO, V. CASTRO

y L. GALINDO. Actas del VIº Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Bentos VI. Vol. único (1988) 1990. 229-234.

Editorial: Universidad de las Islas Baleares.

-Fish as Food. LOZANO, G. & HARDISSON, A. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition. Vol. III 1993. 1834-1838

Editorial: Academic Press. I.S.B.N.: 0 - 12 - 226850 – 4.

-Concentrations of Mercury in fresh and salted marine fish from the Canary Islands. BRITO, G.; DÍAZ, C.; HARDISSON, A. and LOZANO, G. Journal of Food Protection. Vol. 57 1994. 246-248.

-Niveles de concentración de cobalto en especies de camarón de las Islas Canarias. LOZANO, G., BRITO, G., DÍAZ, C., HARDISSON, A. Y MUÑOZ, V. Oceanografía y Recursos Marinos del Atlántico Centro-oriental. Vol. único. 1996. 601-612

Editorial: Instituto Canario de Ciencias Marinas. Dirección General de Universidades del Gobierno de Canarias. I.S.B.N.: 84 - 8103 - 074 - 0.

-Trace metal content in deep-water sharks from the canarian seawaters.

HARDISSON, A.; BÁEZ, A.; GONZÁLEZ, T.; PASCUAL, P. and LOZANO, G. J. Vet. Pharmacol. Therap. Vol. 20 (1) 1997. 283-284.

-Estudio del contenido de metales pesados en tiburones de profundidad de las Islas Canarias. LOZANO, G., y BÁEZ, A. Industrias Pesqueras. Número extraordinario de abril.1999. 71-74.

-Estudio del contenido de metales pesados en tiburones de profundidad de las Islas Canarias, Madeira y Azores. G. LOZANO, A. BÁEZ, y A. HARDISSON. Informe final del proyecto. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación (Viceconsejería de Pesca) del Gobierno de Canarias. Vol. único. 1999. 1-50.

-Glúcidos, Minerales y Vitaminas en Cefalópodos. LOZANO, G.; HARDISSON, A.; RUBIO, C. y RODRÍGUEZ, I. Alimentaria. Vol. Nr. 325 2001. 57-60

-Fish as Food. LOZANO, G. and HARDISSON, A. Encyclopaedia of Food Sciences and Nutrition. Vol. IV 2003. 2417-2423.

Editorial Academic Press. I.S.B.N.: 0-12-227055-X.

-Metodología para la preparación y análisis del contenido de metales pesados esenciales en mejillones enlatados y su contribución a las IDR. GUTIÉRREZ, A.J., LOZANO, G., DÍAS, M., RUBIO, C., HARDISSON, A. Nutr. Hosp. 18 (5) 2003. 319.

-El cadmio como contaminante alimentario. RUBIO, C., GUTIÉRREZ, A.J., MARTÍN-IZQUIERDO, R.E., LOZANO, G., y HARDISSON, A. Alimentaria. Vol. Nr. 350. 2004. 41-45.

I. 3. Trabajo nº 3.

Content of Toxic Heavy Metals (Mercury, Lead, and Cadmium) in Canned Variegated Scallops (*Chlamys varia*). A.J. GUTIÉRREZ, D. GONZÁLEZ-WELLER, T. GONZÁLEZ, A. BURGOS, G. LOZANO, J.I. REGUERA, and A. HARDISSON. Journal of Food Protection. Vol.70 (12) (2007) 2911-2915. Esta revista tenía un índice de impacto **1,886 y estaba situada en el lugar **22 de 103** en el campo de Ciencia y Tecnología de Alimentos en dicho año 2007.**

Este trabajo, continuación de la línea argumental del **nº 2**, fue precedido, entre 2004 y 2007, por los siguientes artículos y comunicaciones a Congreso:

-El plomo como contaminante alimentario. C. RUBIO, A.J. GUTIÉRREZ, R.E. MARTÍN-IZQUIERDO, C. REVERT, G. LOZANO y A. HARDISSON. Rev. Toxicol. Vol. 21 2004. 72-80

-Hg, Pb and Cd levels in canned variegated scallops (*Chlamys varia*) normally consumed in Tenerife (Canary Islands, Spain). C. RUBIO, Á.J. GUTIÉRREZ, G. LOZANO and A. HARDISSON. Toxicology Letters. Vol. 58 (Suppl. 1) 2005. 165 .

-Fe, Mn, Ni and Cu levels in canned variegated scallops (*Chlamys varia*) normally consumed in Tenerife (Canary Islands, Spain). C. RUBIO, Á.J. GUTIÉRREZ, **G. LOZANO** and A. HARDISSON. Toxicology Letters. Vol. 58 (Suppl. 1) 2005. 166.

-Mercury Content in Tinned Molluscs (Mussel, Cockle, Variegated Scallop and Razor Shell) Normally Consumed in Spain, 2005. GUTIÉRREZ, A.J., **LOZANO, G.**, GONZÁLEZ, T., REGUERA, J.I., and HARDISSON, A. Journal of Food Protection, Vol. 69 (9) 2005. 2237-2240.

Y fue continuado, hasta el momento actual, por los siguientes artículos:

-Content of trace metals (Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni) in canned Variegated Scallops (*Chlamys varia*). A.J. GUTIÉRREZ, D. GONZÁLEZ-WELLER, T. GONZÁLEZ, A. BURGOS, **G. LOZANO**, AND A. HARDISSON. International Journal of Food Sciences and Nutrition. Vol.19 2007. 1-9.

-Accumulation of Toxic Metals (Pb and Cd) in the Sea Urchin *Diadema aff. antillarum* (Philippi, 1845) in an oceanic island (Tenerife, Canary Islands). HERNÁNDEZ, O.D., GUTIÉRREZ, A.J., GONZÁLEZ-WELLER, D., **LOZANO, G.**, RUBIO, C., and HARDISSON, A. Environmental Toxicology. Publicación online. 17 de febrero 2009. 227-232 DOI 10.1002/tox.20487.

-Content of Lead and Cadmium in Barred hogfish (*Bodianus scrofa* (Valenciennes, 1839)), Island grouper (*Mycteroperca fusca* (Lowe, 1838)) and Portuguese dogfish (*Centroscymnus coelolepis* Bocage and Capello, 1864), from the Canary Islands. Spain (Central-East-Atlantic). **LOZANO, G.**, BÁEZ, A., BRITO, A, HARDISSON, A., GUTIÉRREZ, A.J., LOZANO, I.J., PASCUAL, P., and SANCHO, A. Bull Environ. Contam. Toxicol. Publicación online. 15 de octubre (2009) 83 591-594 DOI 10.1002/tox.

-Three rockpool prawn species (*Palaemon elegans*, *Palaemon adspersus* and *Palaemon serratus*) as bioindicators of trace metal concentrations in Tenerife coastal waters (Canary Islands). **LOZANO, G.**, HERRAIZ, E.,

HARDISSON, and GUTÍERREZ, A. Environ. Monit. Assess. Publicación online. 15 de agosto 2009. 1-10. DOI 10.1007/s10661-009-1126-z.

En términos generales, el fin primordial de esta línea de trabajo es el conocimiento del estado ambiental de los organismos de la flora y fauna marina de las Islas Canarias y áreas adyacentes respecto a los contenidos de metales pesados tóxicos, **Hg**, **Pb** y **Cd**, en primer término, y en segundo término el conocimiento y control de alimentos marinos procedentes o no del área canaria pero que son de consumo corriente entre sus habitantes. Se trata, pues, de la unión de conceptos y acciones propias de la **ecotoxicología** y de la **toxicología alimentaria**.



Lead and cadmium levels in coastal benthic algae (seaweeds) of Tenerife, Canary Islands

Gonzalo Lozano^{a,*}, Arturo Hardisson^b, Angel José Gutiérrez^a,
María Anunciación Lafuente^c

^aDepartment of Animal Biology (Marine Sciences), Faculty of Biology, University of La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain

^bDepartment of Public Health and Toxicology, Faculty of Medicine, University of La Laguna, 38071 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain

^cLaboratory of Toxicology, Faculty of Food Science and Technology, University of Vigo, Pontevedra, Galicia, Spain

Abstract

Lead and cadmium levels of some species of brown-algae (*Phaeophyta*) from the mesolittoral (intertidal area) of the Island of Tenerife (central–eastern Atlantic) were determined by Atomic Absorption Spectrometry. The quality control was carried out using a standard “CRM 279 *Ulva lactuca*”.

The mean, minimum and maximum concentrations were 11.21, 2.090 and 81.795 µg/g/dw; and 1.13, 0.190 and 5.130 µg/g/dw for lead and cadmium, respectively. The fact that samples registering the highest cadmium concentrations were the same as those which showed the highest lead level corresponding to a sampling station nearby an urban water outlet could be relevant.

© 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Lead; Cadmium; Algae; *Phaeophyta*; Tenerife; Canary Islands

1. Introduction

Benthic marine algae are one of the most suitable organisms for the study of heavy metal contamination–pollution in aquatic ecosystems. Their immobility relate them directly to their surrounding environment, and therefore, it must be stressed that seaweeds do not vary their inner metal concentrations when the outer concentrations do so suddenly. However, if the change lasts over a long period of time, then the algae will reflect the concentrations of the new environment, specially in the younger parts of the algae as the older parts are more resistant to concentration changes.

Among the coastal benthic algae, *Chlorophyta* (green-algae) and *Phaeophyta* (brown-algae) are specially useful for this type of study as they show a clear tendency to accumulate heavy metals (Seeliger and Edwards, 1979; Leland et al., 1974, 1979; Markham et al., 1980; Hardisson et al., 1998). A recent article by Fityanos et al. (1999) promotes the use of *Enteromorpha* and *Ulva* for monitoring the heavy metal profile of coastal seawater.

The main goal of this study was to determine Pb and Cd contamination–pollution range in *Phaeophyta* from a few sampling coastal localities of Tenerife, as this group of marine organisms is considered a good bioindicator of mineralization and anthropogenic impact due to its tendency to accumulate heavy metals in tissues (Vasquez and Guerra, 1996). Preliminary results of this research were recently reported (Hardisson et al., 1996).

2. Materials and methods

The selection of biological material was carried out according to the following considerations: (a) the species should be present in most of the sampling stations, and they should be found in a representative area of the studied habitat; (b) they should be easy to recognize and collect; (c) they should not present epiphytes which makes washing difficult and can confuse the results.

As a result of this selection, seven species of *Phaeophyta* (93 samples) were included in the study (Table 1).

Sample collection was done at maximum low tide in order to obtain the largest intertidal area possible in the open. Entire specimens were collected from their bases, scraping

Corresponding author. Tel.: +34-922-318-385; fax: +34-922-318-311.
E-mail address: glozano@ull.es (G. Lozano).

Table 1
Mean lead and cadmium values ($\mu\text{g/g}$) for species related to sampling localities

Phaeophyta	Samples	Lead				Cadmium			
		Mean		S.D.		Mean		S.D.	
		Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
<i>Cystoseira abies marina</i>	21	0.21	11.8	0.27	18.3	0.20	1.19	0.16	1.14
	Punta del Hidalgo	5	0.09	5.68			0.17	1.06	
	Puertito de Güímar	2	0.38	28.6			0.13	2.14	
	La Tejita	4	0.11	6.46			0.16	0.95	
	Punta Barbero	4	0.53	25.3			0.45	2.04	
<i>Cystoseira discors</i>	15	0.15	10.2	0.14	12.2	0.16	1.19	0.09	0.72
	Punta del Hidalgo	3	0.09	6.24			0.17	1.14	
	Puertito de Güímar	4	1.01	20.9			0.21	1.57	
	La Tejita	2	0.13	7.17			0.21	1.04	
	Punta Barbero	3	0.13	8.01			0.13	0.8	
<i>Cystoseira compressa</i>	15	0.19	14.5	0.16	16.8	0.19	1.36	0.11	1.04
	Punta del Hidalgo	6	0.12	8.69			0.14	1.01	
	Puertito de Güímar	3	0.30	22.3			0.23	1.74	
	La Tejita	4	0.15	8.37			0.22	1.23	
	Punta Barbero	4	0.27	23.4			0.21	1.71	
<i>Cystoseira humilis</i>	15	0.13	8.29	0.03	2.45	0.14	0.92	0.06	0.34
	Punta del Hidalgo	3	0.15	11.1			0.15	1.11	
	Puertito de Güímar	2	0.13	8.17			0.16	1.00	
	La Tejita	1	0.10	4.47			0.29	1.33	
	Punta Barbero	3	0.12	8.07			0.10	0.66	
<i>Fucus spiralis</i>	7	0.19	4.96	0.28	2.44	0.09	0.62	0.02	0.18
	Caleta de Interián	3	0.06	4.46			0.07	0.66	
	La Tejita	4	0.29	5.34			0.10	0.82	
	Punta Barbero	3	0.11	7.09			0.14	0.82	
	Caleta de Interián	3	0.11	7.09			0.14	0.82	
<i>Sargassum vulgare</i>	15	0.15	11.3	0.14	11.2	0.16	1.22	0.09	0.70
	Punta del Hidalgo	5	0.15	11.6			0.13	1.08	
	Puertito de Güímar	4	0.25	18.6			0.20	1.47	
	La Tejita	2	0.07	5.03			0.19	1.19	
	Caleta de Interián	4	0.10	6.69			0.17	1.16	
<i>Padina pavonica</i>	6	0.22	14.8	0.10	5.64	0.18	1.15	0.09	0.45
	Punta del Hidalgo	1	0.27	22.1			0.17	1.43	
	Puertito de Güímar	2	0.17	13.6			0.11	0.81	
	La Tejita	1	0.08	3.99			0.11	0.57	
	Punta Barbero	2	0.33	17.8			0.30	1.66	

the substrate on which they were adhered. This is important for the taxonomic determination of the specimens and for their measurements. Subsequently, they are placed into individual plastic bags, suitably labelled, and transferred to jars containing seawater. Immediately afterwards, jars were taken to the laboratory and kept at low temperature. In this way, cells were well protected against rupture and potential loss of inner components was delayed until the moment of their preparation for analysis, which was carried out the day after collection.

2.1. Sampling localities

Six localities along the coast of Tenerife island were selected. The main criterion for this selection was the presence or absence of urban areas nearby or the sources of pollution which could affect the metallic concentrations

of algae. To this effect, some stations close to urban sewers and others free of any contaminative influence were chosen for comparison of results. Other factors such as geographical situation, coastal profile and easier–safe accessibility were also taken into account. As a result of the combination of these criteria, chosen stations were those indicated in Fig. 1, the same (except Garachico) as previously reported by Lozano et al. (1996) and Hardisson et al. (1998) in their study of mercury concentration in *Chlorophyta*, *Phaeophyta* and *Rhodophyta* on the Tenerife littoral.

2.2. Sampling period

All the sampling procedure was carried out between October 1994 and December 1995. This fact was very important since the seasonal variations can influence the range of metal uptake of marine organisms. If the temperature



Fig. 1. Tenerife Island. Sampling locations.

decreases, the metabolic activity of the organism also diminishes, therefore, the organism uptake is less (Whitton et al., 1981).

2.3. Analytical procedure

After a well-proven homogenization of samplings, 25 g was taken and placed into a laboratory stove at 105 °C for 24 h and dried to constant weight. When the specimens dried, they were ground. The resulting powder was put into porcelain melting pots, and then into a muffle until the total destruction of organic matter was obtained. This process was achieved through heating it progressively up to 400–450 °C (no less than an 8-h period), and maintaining that temperature until the ashes acquired a whitish colour.

Fifteen milliliters of 25% HCl (Merck, Darmstadt, Germany, AAS certified) was added to the ashes and the resulting solution was used directly for analysis with ET AAS.

To control B.C.R. values, Standard Reference Material (CRM 279 *Ulva lactuca*) was analysed following the same procedure used with the samples. Results were largely in agreement with B.C.R. references.

2.4. Statistics

The nonparametric analysis of variance (ANOVA) Kruskal–Wallis was used to evaluate statistical significance. A probability of 0.05 or less was considered significant.

3. Results and discussion

3.1. Lead

Table 1 shows the levels of Pb for each sampling station. In general terms, it can be seen that the Puertito de Güímar station shows the highest concentrations of this metal. This can be explained by the fact that near Puertito de Güímar, there is a large industrial area with a big outflow to the sea.

The mean value, the interval and standard deviation from the total specimens studied are summarized in Table 2. The mean value obtained for lead expressed in dry weight is 11.2 µg/g, which is somewhat higher than that reported by Sivalingam (1978): 10 µg/g. In Table 1, we can also see how, among species, *Padina pavonica* shows the highest lead values: 14.8 µg/g/dw, while *Fucus spiralis* the lowest: 4.96 µg/g/dw. Taking into account all samples, 63 (67.7%)

Table 2
Mean, standard deviation, minimum and maximum values in dry and wet weight of Pb and Cd contents in the total analyzed samples

		Mean (µg/g)	S.D.	m (µg/g)	M (µg/g)
Lead	Wet	0.17	0.17	0.02	1.19
	Dry	11.2	13.5	2.09	81.8
Cadmium	Wet	0.17	0.11	0.04	0.77
	Dry	1.13	0.85	0.19	5.13

S.D.=standard deviation, M=maximum value (µg/g/dw or µg/g/ww), m=minimum value (µg/g/dw or µg/g/ww).

showed less than 10 µg/g of Pb, 22 (23.6%) between 10 and 20 µg/g and 8 (8.6%) had higher levels than 20 µg/g, all dry weight. According to this distribution, there are 30 samples which can be considered polluted, that is to say, those exceeding 10 µg/g.

Table 3 presents the eight samples which exceed 20 µg/g/dw, sampling stations being indicated. It should be pointed out that maximum values were not always observed in the same species and/or sampling stations. Consequently, pollution cannot be attributed to any of them.

Nevertheless, we observed that four samples (three specimens of *Cystoseira* and one of *Sargassum*) belonged to the same sampling station, Puertito de Güímar. However, further samples obtained from this sampling station failed to show such high concentrations, which could lead to the possibility of temporary pollution. This temporary environmental phenomenon could be detected since the algae analyzed were young.

According to Prosi (1983), the usual concentration interval for lead in algae ranges from 2 to 3 µg/g, with a minimum of 0.05 µg/g/dw. In turn, Stenner and Nickless (1975) found 13 µg/g/dw in species of *Fucus* from the Bay of Cádiz, and 22 µg/g/dw in species of *Enteromorpha* from the Ayamonte beach (Huelva). Similarly, Preston et al. (1972) obtained 9 µg/g/dw in species of *Fucus* from contaminated areas of the Irish Sea. More recently, Gnassia-Barelli et al. (1995), in a study conducted in *Caulerpa taxifolia* from the northwestern Mediterranean Sea, found concentrations as high as 21.8 µg/g/dw. Constantini et al. (1991) studied the Hg, Pb and Cd contents in the phanerogamous *Posidonia oceanica*, and in the species *Codium tomentosum*. They found concentrations ranging from 0.41 to 1.96 µg/g/ww for the former, and 0.32–0.92 µg/g/ww for the latter. Küçüksezgin and Balci (1994) reported the following mean values expressed as wet weight for a number of species from the Izmir Bay (Turkey): *U. lactuca* (3.31 µg/g), *Codium* sp. (3.13 µg/g), *Gracilaria* sp. (3.38 µg/g), *Bangia* sp. (4.49 µg/g), *Codium bursa* (1.64 µg/g), *Phyllophora nervosa* (4.04 µg/g) and *Dazia* sp. (3.84 µg/g).

In a study on trace metal concentrations in algae from noncontaminated areas, Sivalingam (1978) reported values exceeding 10 µg/g/dw, attributable only to algae species from contaminated areas. This author attributes the fact to physiological variations among species.

Table 3
Species with high Pb values (dw)

Species	µg/g Pb	µg/g Cd	Station
<i>Cystoseira abies marina</i>	49.59	3.80	Puertito de Güímar
<i>Cystoseira discors</i>	53.77	3.42	Puertito de Güímar
<i>Cystoseira compressa</i>	49.59	3.99	Puertito de Güímar
<i>Sargassum vulgare</i>	48.64	3.52	Puertito de Güímar
<i>Cystoseira abies marina</i>	81.79	5.13	Punta Barbero
<i>Cystoseira compressa</i>	67.83	4.18	Punta Barbero
<i>Sargassum vulgare</i>	23.09	–	Punta del Hidalgo
<i>Padina pavonica</i>	22.14	–	Punta del Hidalgo

In the current study, the Kruskal–Wallis test revealed statistically significant differences in Pb content among stations, both in dry and wet weight, which showed chi-square values of 0.0003 and 0.0014, respectively. As there is no test a posteriori similar to Turkey's example, used in parametric statistics, we were not able to rank the stations by Pb content.

We can conclude that about 30% of seaweed specimens studied exceeded the limits considered normal for this metal.

3.2. Cadmium

In relation to this metal, 55.95% of the samples showed concentrations lower than 1 µg/g, 37.65% showed contents ranging from 1 to 2 µg/g and 6.4% exceeded 2 µg/g/dw. The latter percentage corresponds to six samples (Table 3) that can be considered polluted. As is shown in Table 3, these samples are precisely those presenting high contents of Pb, and which were from the stations of the Puertito de Güímar and Punta Barbero stations.

Similarly, Table 1 presents the Cd contents for sampling stations, revealing that the highest Cd values were generally of the same order as those obtained from ones collected in Puertito de Güímar. This is in agreement with nearness to the industrial zone and outflow to the sea.

Previous studies showed that the contents of cadmium in algae ranges from 1 to 2 µg/g/dw. The minimum content found was 0.05 µg/g/dw in *Porphyra* sp., and the maximum 20.8 µg/g/dw in *Fucus* sp. from a contaminated area (Preston et al., 1972). Stenner and Nickless (1975) reported levels of 1.7 µg/g/dw in species of *Fucus* from the Bay of Cádiz, and 0.8 µg/g/dw in species of *Enteromorpha* from the Ayamonte beach (Huelva). In turn, Gnassia-Barelli et al. (1995) found contents ranging from 0.188 to 0.038 µg/g/dw in species of *C. taxifolia* from the northwestern Mediterranean Sea. In samples collected from Italian seas, Constantini et al. (1991) reported a range from 0.43 to 1.76 µg/g/ww for the phanerogamus *P. oceanica*, and between 0.004 and 0.0018 µg/g/ww for the algae *C. tomentosum*.

Küçüksezgin and Balci (1994) found the following mean values (wet weight) for a number of species from Izmir Bay (Turkey): *Ulva* sp. (0.13 µg/g), *Codium* sp. (0.14 µg/g), *Gracilaria* sp. (0.38 µg/g), *Baugia* sp. (0.12 µg/g), *C. bursa* (0.18 µg/g), *P. nervosa* (0.38 µg/g) and *Dazia* sp. (0.46 µg/g).

In the present survey, the Kruskal–Wallis test did not reveal any statistically significant differences in Cd content among sampling stations.

4. Conclusion

In summary, mean Pb levels seem to be slightly higher than those generally considered normal by other authors and

geographic areas (from 2 to 10 $\mu\text{g/g/dw}$) as not less than 30% of our samples exceeded the reference concentration. On the other hand, Cd showed more normal values to reference, as only 6.4% of the samples was over 2 $\mu\text{g/g/dw}$.

It is worthwhile pointing out the maximum Pb values coincident with those of Cd (same samples), proceeding from Puertito de Güimar and Punta Barbero, sites located near industrial, touristic and urban water outlets which imply environmental pollution.

References

- Constantini S, Giordano R, Ciarall L, Beccalanti E. Mercury, cadmium and lead evaluation in *Posidonia oceanica* and *Codium tomentosum*. *Mar Pollut Bull* 1991;22:362–3.
- Fityanos K, Evgenidou E, Zachariadis G. Use of macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in Thermaikos Gulf, Greece. *Bull Environ Contam Toxicol* 1999;62:630–7.
- Gnassia-Barelli M, Lemee R, Pesando D, Romeo M. Heavy metals distribution in *Caulerpa taxifolia* from the north-western Mediterranean. *Mar Pollut Bull* 1995;30:749–55.
- Hardisson A, Lozano G, Rodríguez MI, Hernández A, de Bonis A. Concentrations levels of lead and cadmium in algae of the Canary Island littoral. *Toxicol Lett* 1996;188:80 [Supplement].
- Hardisson A, Frías I, de Bonis A, Lozano G, Báez A. Mercury in algae of the Canary Islands littoral. *Environ Int* 1998;24(8):945–50.
- Küçüksezgin F, Balci A. Heavy metal contamination in selected organisms from Izmir Bay, Turkey. *Mar Pollut Bull* 1994;28:333–5.
- Leland HV, Copenhauer ED, Corril LS. Heavy metals and other trace elements. *J. - Water Pollut. Control Fed.* 1974;46:1452–76.
- Leland HV, Luoma SN, Fielden JM. Bioaccumulation and toxicity of heavy metals and deleted trace elements. *J - Water Pollut Control Fed* 1979;56:1592–616.
- Lozano G, Hardisson A, Hernández-Velázquez A. Concentrations levels of mercury in algae of the Canary Islands littoral. In: Coltery P, Corbella J, Domingo JL, Etienne JC, Llobet JM, editors. *Metal Ions in Biology and Medicine*, vol. 4. Paris: John Libbey; 1996. p. 175–7.
- Markham JW, Kremer BP, Spertling KR. Cadmium effects on growth and physiology of *Ulva lactuca*. *Helgol Meeresunters* 1980;33:103–10.
- Preston A, Jeffries DF, Dutton JWR, Harvey BR, Steele AK. British Isles coastal waters: the concentration of selected heavy metals in sea water, suspended matter and biological indicators. A pilot survey. *Environ Pollut* 1972;3:69–82.
- Prosi F. Heavy metals in aquatic organisms. *Metal pollution in the aquatic environment*. Berlin: Springer Verlag; 1983. p. 271–318.
- Seeliger U, Edwards P. Fate of biologically accumulated copper in growing and decomposing thalli of two benthic red marine algae. *J Mar Biol Assoc UK* 1979;59:227–38.
- Sivalingam PM. Biodeposited trace metals and mineral content studies of some tropical marine algae. *Bot Mar* 1978;21:327–30.
- Stenner RD, Nickless G. Heavy metals in organisms of the Atlantic coast of SW Spain and Portugal. *Mar Pollut Bull* 1975;6:89–92.
- Vasquez JA, Guerra N. The use of seaweeds as bioindicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. *Hydrobiologia* 1996; 326/327:327–33.
- Whitton BA, Say PJ, Wehr JD. Use of plants to monitoring heavy metals in rivers. *Heavy metals in Northern England: environmental and biological aspects*. Department of Botany, University of Durham; 1981. p. 135–45.

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports®

WELCOME HELP

2003 JCR Science Edition

Journal Summary List

[Journal Title Changes](#)

Journals from: **subject categories ENVIRONMENTAL SCIENCES** VIEW CATEGORY SUMMARY LIST

Sorted by:

Journals 41 - 60 (of 131) Page 3 of 7

Ranking is based on your journal and sort selections.

Mark	Rank	Abbreviated Journal Title <i>(linked to journal information)</i>	ISSN	JCR Data				
				Total Cites	Impact Factor	Immediacy Index	Articles	Cited Half-life
<input type="checkbox"/>	41	FIELD ANAL CHEM TECH	1086-900X	166	1.406		0	4.3
<input type="checkbox"/>	42	INT J HYDROGEN ENERG	0360-3199	1600	1.344	0.188	154	5.3
<input type="checkbox"/>	43	ESTUARIES	0160-8347	2634	1.336	1.125	120	7.8
<input type="checkbox"/>	44	REV ENVIRON CONTAM T	0179-5953	617	1.321	0.429	14	9.2
<input type="checkbox"/>	45	ENVIRON TOXICOL PHAR	1382-6689	427	1.280	0.132	38	4.7
<input type="checkbox"/>	45	WETLANDS	0277-5212	1184	1.280	0.612	85	5.5
<input type="checkbox"/>	47	ENVIRON TOXICOL	1520-4081	592	1.271	0.200	50	4.4
<input type="checkbox"/>	48	ANTARCT SCI	0954-1020	1022	1.265	0.278	54	7.2
<input type="checkbox"/>	49	J EXPO ANAL ENV EPID	1053-4245	743	1.263	0.156	45	4.6
<input type="checkbox"/>	50	ECOL ECON	0921-8009	1254	1.230	0.122	98	4.6
<input checked="" type="checkbox"/>	51	ENVIRON INT	0160-4120	989	1.226	0.203	118	6.5
<input type="checkbox"/>	52	ENVIRON SCI POLLUT R	0944-1344	380	1.216	0.032	62	4.8
<input type="checkbox"/>	53	J ENVIRON MONITOR	1464-0325	651	1.186	0.265	166	2.7
<input type="checkbox"/>	54	J GREAT LAKES RES	0380-1330	1149	1.172	0.161	56	8.9
<input type="checkbox"/>	55	CLIMATE RES	0936-577X	503	1.159	0.150	40	3.7



http://sauwok.fecyt.es/admin-apps/JCR/JCR?RQ=LIST_SUMMARY_JOURNAL... 16/04/2010

Trabajo nº 1. Situación de la revista en el listado de Ciencias Ambientales de 2003.

I. 2. Trabajo nº 2. Original.

1526

Journal of Food Protection, Vol. 67, No. 7, 2004, Pages 1526–1532
Copyright ©, International Association for Food Protection

Research Note

Content of Toxic and Essential Metals in Canned Mussels Commonly Consumed in Tenerife, Canary Islands, Spain

ANGEL GUTIÉRREZ,¹ GONZALO LOZANO,^{1*} ARTURO HARDISSON,² CARMEN RUBIO,² AND TOMÁS GONZÁLEZ³

¹Department of Animal Biology (Marine Sciences), University of La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain; ²Department of Public Health, University of La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain; and ³Canarian Public Health Service, Central Laboratory, Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain

MS 03-376: Received 21 August 2003/Accepted 17 January 2004

ABSTRACT

Concentrations of three toxic heavy metals (Hg, Pb, Cd) and six essential heavy metals (Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni) were determined in mussel conserves (*Mytilus galloprovincialis*, *Bivalvia*, *Mollusca*) consumed habitually by individuals in Tenerife (Canary Islands, Spain). A total of 600 samples were analyzed, corresponding to six different commercial brands and four different processing types: pickled sauce (mixture of olive oil, vinegar, red pepper, laurel, and salt), coquille St. Jacques sauce (coquille St. Jacques broth), nature (water and salt), and bionature (water, salt, and soluble vegetal fiber). Samples were collected weekly from markets in Santa Cruz de Tenerife during a 12-month period. All values for toxic metals were lower than the permitted maximum for human consumption as proscribed in European Community Directive 2001/22/CE (1,000 µg/kg wet weight for Pb and Cd) and European Community Decision 93/351/EEC (500 µg/kg wet weight for Hg). For the six essential heavy metals, mussels are a very good source, contributing high percentages of the recommended daily allowance.

The tendency of mussels to accumulate heavy metals is related to their weight (8) and can reflect the local concentration of various metals and other toxins (4). Mussels are often used as bioindicators because they have the capacity to concentrate contaminants from seawater by several orders of magnitude.

However, these molluscs are an important component of aquaculture programs (Spain produces nearly 300,000 tons yearly) and make up part of the Spanish traditional diet. They can be used in their natural state or they can be commercially processed in many ways, the most popular of which is canning. Because of their popularity, mussels are a nutritionally important component of the Spanish diet.

In the Canary Islands (central-east Atlantic Ocean, 27 to 30°N and 13 to 19°W), there are no natural or cultured populations of mussels of the genus *Mytilus* (e.g., *Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis*), which are typical to the Iberian Peninsula. However, because demand for these molluscs is high they are imported and are one of the most common marine foods in the island diet. The material chosen for study was canned mussels of Galician origin (north-western Spain), which are always available in Santa Cruz de Tenerife supply markets.

Heavy metals can accumulate in aquatic organisms from exposure to toxic substances in water and sediments or in the food chain (38). Because consumption of contaminated foodstuffs is the main route of exposure to trace met-

als for most humans, information about dietary intake is important to assess risks to human health (21). In this study, we analyzed concentrations of toxic metals (Hg, Pb, and Cd) and essential metals (Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, and Ni), which can become toxic at high concentrations.

Mercury is well known for its neurotoxicity, but it also affects the gastrointestinal tract and renal function (31). In aquatic environments, inorganic Hg is microbiologically transformed into the lipophilic organic compound methylmercury. This transformation makes Hg more prone to biomagnification in aquatic food chains (17). The presence of metals in marine sediments is a consequence of both natural and anthropogenic contamination, but the presence of toxic metals in some species of fish and their products indicates extreme contamination of the aquatic environment by those metals (29). Consequently, human populations with a traditionally high dietary intake of food originating from either freshwater or marine environments have the highest potential for exposure to methylmercury (17).

Cadmium in the human diet constitutes a potential chronic health hazard. In the nonsmoking general population, diet is the major source of Cd exposure. In 1968, the Japanese Ministry of Health and Welfare admitted that "Itai-itai" disease was caused primarily by Cd. The WHO International Programme on Chemical Safety established that important sources of Cd contamination include phosphate fertilizer, sewage sludge, plated or galvanized equipment, enamels, and glazes. Although molluscs and crustaceans accumulate Cd, fishes generally have Cd levels of <0.2 µg/kg (15).

* Author for correspondence. Tel: 34-22-318385; Fax: 34-22-318311; E-mail: glozano@ull.es.

TABLE 1. Reference materials for recuperation study

Metal	Reference material	Mean concentrations ($\mu\text{g}/\text{kg}$ wet weight) ^a	Certified values ($\mu\text{g}/\text{kg}$ wet weight)	Method ^b
Pb	NBS SRH 1577a bovine liver	135 \pm 15	135 \pm 15	ET-AAS
Pb	BCR-278 R mussel tissue	2,000 \pm 40	1,970 \pm 70	ET-AAS
Cd	BCR-278 R mussel tissue	348 \pm 7	347 \pm 8	FT-AAS
Cd	BCR CRM 184 bovine muscle	12 \pm 1	13 \pm 2	ET-AAS
Hg	BCR-278 R mussel tissue	196 \pm 9	195 \pm 10	CV-AAS
Cr	BCR-278 R mussel tissue	780 \pm 60	760 \pm 40	ICP-AES
Cu	BCR-278 R mussel tissue	9,450 \pm 130	9,390 \pm 100	ICP-AES
Cu	BCR-442 cod muscle	1,050 \pm 70	1,050 \pm 80	ICP-AES
Fe	BCR-278 R mussel tissue	5,460 \pm 300	5,460 \pm 300	ICP-AES
Mn	BCR-278 R mussel tissue	7,690 \pm 230	7,690 \pm 220	ICP-AES
Zn	BCR-278 R mussel tissue	8,310 \pm 1,700	8,280 \pm 1,000	ICP-AES
Ni	BCR-414 plankton	18,800 \pm 800	18,800 \pm 600	ICP-AES

^a $n = 11$.^b ET-AAS, electrothermal atomic absorption spectrophotometry; CV-AAS, cold vapor atomic absorption spectrophotometry; ICP-AES, inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometry.

Lead is a nonessential heavy metal that can occur in high concentrations in animals, especially mammals (32). High concentrations of Pb have been linked to human health problems, including nervous system dysfunction in fetuses and infants and hematotoxicity, reproductive dysfunction, and Alzheimer's disease in adults. Even low Pb concentrations can be associated with asthma, anemia, and learning disabilities (16, 20).

Iron and zinc are essential minerals for humans. Nevertheless, high Fe concentrations can produce toxic cardiovascular, neurological, and gastrointestinal effects (3). Zinc concentrations in bivalve molluscs usually exceed the 50% lethal dose during embryogenesis (33). Manganese is the least toxic of the metals analyzed in this study, but it can be toxic to the nervous system, resulting in Parkinsonian signs (32). Chromium compounds are often environmental pollutants and are known for their mutagenic, carcinogenic,

and toxic effects (28). Copper concentrations of 63.6 $\mu\text{g}/\text{liter}$ reduce the growth of bivalve molluscs and can be fatal at $>86.5 \mu\text{g}/\text{liter}$ (19). Aquatic Ni concentrations are usually approximately 6 $\mu\text{g}/\text{liter}$, but higher concentrations have been reported (14).

The main goal of this research was to assess heavy metal contamination in canned mussels normally consumed in Tenerife and to use these data to evaluate nutritional patterns and toxicological risk.

MATERIALS AND METHODS

Samples for study (five cans per week) were collected over the course of 12 months from various stores in Santa Cruz de Tenerife. A total of 600 samples were analyzed, corresponding to six different commercial brands (A through F) and four different processing types: pickled sauce (mixture of olive oil, vinegar, red pepper, laurel, and salt), coquille St. Jacques sauce (coquille St.

TABLE 2. General composition of mussels by brand

Brand	n	Dry weight (g)	% moisture	Ash weight (g)
A	150	3.25 \pm 0.04	67.51 \pm 0.34	0.17 \pm 0.01
B	90	3.30 \pm 0.001	67.03 \pm 0.15	0.19 \pm 0.01
C	51	3.21 \pm 0.04	67.92 \pm 0.27	0.19 \pm 0.02
D	129	3.16 \pm 0.07	67.95 \pm 0.17	0.22 \pm 0.02
E	93	3.23 \pm 0.04	67.68 \pm 0.24	0.18 \pm 0.02
F	57	3.35 \pm 0.03	66.53 \pm 0.22	0.21 \pm 0.02

TABLE 3. General composition of mussels by processing type

Process	n	Dry weight (g)	% moisture	Ash weight (g)
Coquille St. Jacques sauce	213	3.28 ± 0.04	66.8 ± 0.40	0.25 ± 0.01
Pickled sauce	240	3.30 ± 0.02	67.02 ± 0.15	0.18 ± 0.007
Nature	75	2.99 ± 0.08	69.80 ± 0.40	0.16 ± 0.02
Bionature	41	3.14 ± 0.05	68.62 ± 0.47	0.22 ± 0.03

TABLE 4. Heavy metal concentration (µg/kg wet weight) with respect to brand and processing type

Metal	Brand	Coquille St. Jacques sauce	Pickled sauce	Nature	Bionature	Mean ± SD
Pb	A	4.47 ± 0.68	7.75 ± 0.68	7.73 ± 0.82		6.96 ± 0.48
	B	7.12 ± 0.86	7.87 ± 0.75			7.57 ± 0.25
	C		7.94 ± 1.09			7.94 ± 1.09
	D	5.28 ± 0.84	5.90 ± 0.92	5.58 ± 0.96	8.16 ± 1.10	6.38 ± 0.36
	E	6.21 ± 0.80	7.96 ± 0.65			7.17 ± 0.20
	F		8.09 ± 0.85			8.09 ± 0.85
Cd	A	5.13 ± 0.46	4.49 ± 0.18	4.52 ± 0.32		4.65 ± 0.08
	B	4.74 ± 0.35	4.94 ± 0.44			4.86 ± 0.11
	C		5.71 ± 0.87			5.71 ± 0.87
	D	6.00 ± 0.59	5.55 ± 0.29	4.87 ± 0.53	4.35 ± 0.24	5.01 ± 0.09
	E	4.33 ± 0.36	3.98 ± 0.15			4.14 ± 0.10
	F		4.60 ± 0.34			4.60 ± 0.34
Cu	A	1,380 ± 70	1,870 ± 110	1,880 ± 110		1,760 ± 70
	B	1,170 ± 120	1,560 ± 90			1,400 ± 80
	C		1,580 ± 130			1,580 ± 130
	D	1,120 ± 110	1,790 ± 190	1,490 ± 120	1,580 ± 100	1,460 ± 80
	E	1,600 ± 150	1,790 ± 120			1,710 ± 90
	F		1,550 ± 90			1,550 ± 90
Ni	A	5,110 ± 270	5,570 ± 250	4,920 ± 400		5,220 ± 190
	B	7,920 ± 100	6,360 ± 710			6,980 ± 250
	C		7,760 ± 260			7,760 ± 260
	D	8,300 ± 850	6,780 ± 290	7,660 ± 720	8,870 ± 350	8,030 ± 350
	E	4,580 ± 270	4,950 ± 290			4,780 ± 200
	F		5,830 ± 250			5,830 ± 250
Fe	A	18,310 ± 2,920	42,180 ± 5,960	33,270 ± 2,240		33,240 ± 3,010
	B	32,350 ± 3,070	26,650 ± 1,700			28,330 ± 1,730
	C		44,620 ± 4,700			44,620 ± 4,700
	D	28,260 ± 3,140	31,870 ± 3,800	32,070 ± 4,220	35,520 ± 3,510	31,920 ± 1,880
	E	33,320 ± 5,130	42,550 ± 3,990			38,380 ± 3,310
	F		26,220 ± 2,350			26,220 ± 2,350
Zn	A	51,530 ± 2,530	62,370 ± 3,430	74,620 ± 4,400		64,180 ± 2,510
	B	63,040 ± 2,630	56,680 ± 2,950			59,230 ± 2,150
	C		69,830 ± 2,810			69,830 ± 2,810
	D	60,880 ± 3,080	59,430 ± 3,600	71,060 ± 7,230	58,890 ± 2,730	61,620 ± 2,020
	E	60,550 ± 3,620	53,770 ± 2,040			56,680 ± 2,080
	F		61,190 ± 2,870			61,190 ± 2,870
Cr	A	1,420 ± 100	1,480 ± 70	1,290 ± 80		1,400 ± 50
	B	1,770 ± 80	1,740 ± 80			1,750 ± 40
	C		2,120 ± 100			2,120 ± 100
	D	1,760 ± 100	1,800 ± 100	1,390 ± 140	1,750 ± 90	1,700 ± 60
	E	1,250 ± 90	1,270 ± 60			1,260 ± 50
	F		1,690 ± 100			1,690 ± 100
Mn	A	1,610 ± 180	1,740 ± 70	1,350 ± 110		1,570 ± 80
	B	2,040 ± 180	1,370 ± 70			1,630 ± 110
	C		1,800 ± 190			1,800 ± 190
	D	1,820 ± 180	1,490 ± 170	1,510 ± 160	1,800 ± 150	1,700 ± 90
	E	1,950 ± 160	1,640 ± 100			1,780 ± 100
	F		1,430 ± 470			1,430 ± 470

TABLE 5. Daily consumption of mussels necessary to exceed the admissible daily intake of Pb, with respect to brands and processing types

Brand	Amount (g wet weight) by processing type			
	Coquille St. Jacques sauce	Pickled sauce	Nature	Bionature
A	194.933	222.717	221.238	
B	210.970	202.429		
C		175.131		
D	166.666	180.180	205.338	229.885
E	230.946	251.256		
F		217.391		

Jacques broth), nature (water and salt), and bionature (water, salt, and soluble vegetal fiber). Whatever processed products were available at the time were collected. The individual mussels in each can (all the same size and coming from the same place) were homogenized to obtain the required amount of total sample (≈ 31.5 g) for analysis. Taking into account the peculiarities of Hg compared with the other metals analyzed, two different sample preparation protocols were followed. For Hg analysis, three 0.5-g subsamples (each weighed in Teflon reactors) were taken from the homogenized portions, 10 ml of concentrated HNO_3 was added, and the mixture was heated in a microwave oven long enough for total digestion to take place (≈ 20 min). The mixture was allowed to cool to room temperature, and the volume was brought to 50 ml by the addition of double-distilled deionized water.

For the remaining metals, three 10-g subsamples were weighed into porcelain crucibles and heated on a hot plate to 80 to 105°C until a constant dry weight was obtained. The crucibles were then placed in an oven furnace and the temperature was raised gradually ($\approx 50^\circ\text{C}/\text{h}$) until $450 \pm 25^\circ\text{C}$ was reached. Approximately 18 to 24 h elapsed from the beginning of incineration until the formation of white ash. Crucibles were then left to cool to room temperature, and ash was dissolved with 1 ml of 0.6% HNO_3 . Sample volume was brought to 50 ml by the addition of double-distilled deionized water.

For toxic heavy metal analysis, an atomic absorption spectrophotometer (4100 ZL Zeeman, Perkin Elmer, Foster City, Calif.) was used with a graphite 4100 ZL oven (Perkin Elmer) and an automatic AS 70 sampler for Pb and Cd (29) and with a hydrides generator, FIAS 400 injection system, and AS 90 automatic sampler (Perkin Elmer) for Hg (19, 28). For essential heavy metal analysis, an atomic emission spectrophotometer (Atomscan 25, Thermo Jarell Ash, Ventura, Calif.) of inductively coupled plasma was used. Table 1 lists the values for the recuperation study carried out using the corresponding reference materials to demonstrate the performance of the method.

Results were analyzed for normality with the Kolmogorov-Smirnov model (36) and for homogeneity of variance with a Levene test (27). When data were not normally distributed, the non-parametric Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U test (11) were used. Normally distributed data were analyzed using an analysis of variance and post hoc tests (24).

RESULTS AND DISCUSSION

Results regarding the general composition of the mussels are presented in Tables 2 and 3, and results from the heavy metal analyses are presented in Table 4. Dry weight, moisture percentage, and ash weight obtained were not sig-

TABLE 6. Daily consumption of mussels necessary to exceed the admissible daily intake of Cd, with respect to brands and processing types

Brand	Amount (g wet weight) by processing type			
	Coquille St. Jacques sauce	Pickled sauce	Nature	Bionature
A	212.765	129.032	129.366	
B	140.449	127.064		
C		125.944		
D	189.393	169.491	179.211	122.549
E	161.030	125.628		
F		123.609		

nificantly different among the different brands and processing types, mainly because the different brands market the same type of mussel in cans. The moisture percentage in the samples was less than that obtained by Moreiras et al. (22). In their study, 85.4% moisture was obtained, which is 20% higher than that obtained in the present study, but this higher moisture content could be due to the comparison between fresh and canned food; despite being immersed in liquid, canned mussels have been boiled and thus have lost part of their water content.

The Pb concentration found in samples was always much less than the maximum allowed by European Community Directive 2001/22/CE (13) (1,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ wet weight; all concentrations reported here are on a wet weight basis unless otherwise indicated). The highest Pb concentrations were found in brand F mussels ($8.09 \pm 0.85 \mu\text{g}/\text{kg}$) and in mussels processed with pickled sauce ($8.16 \pm 1.10 \mu\text{g}/\text{kg}$) (Fig. 1). Other authors have found higher concentrations of Pb in other bivalves; for oysters, 1,250 to 14,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ was found in areas of urban contamination (2) and 440 to 640 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (7) was found in zones considered normal.

The Cd concentration was also always much less than that permitted by Directive 2001/22/CE (1,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ wet weight). The highest concentrations were found in brand C ($5.71 \pm 0.87 \mu\text{g}/\text{kg}$) and in mussels processed with coquille St. Jacques sauce ($6.0 \pm 0.59 \mu\text{g}/\text{kg}$) (Fig. 2). Several authors have studied Cd content in molluscs, obtaining concentrations in *Mytilus* spp. of 1,780 $\mu\text{g}/\text{kg}$ in the Looe estuary (Cornwall, UK) and concentrations in *M. galloprovincialis* of $4,000 \pm 1,500 \mu\text{g}/\text{kg}$ in Cape Ghir and $800 \pm$

TABLE 7. Nutritional importance of 150 g of canned mussels (approximately one can) in reference to heavy metals with recommended daily allowance (RDA)

Metal	RDA (mg/day)	Metal concentration (mg/150 g mussels)	% RDA
Mn	2-5.0	0.27	13.5
Fe	15	6.60	44
Cu	1.3-3	0.24	18.46
Zn	15 or 12	10.47	15

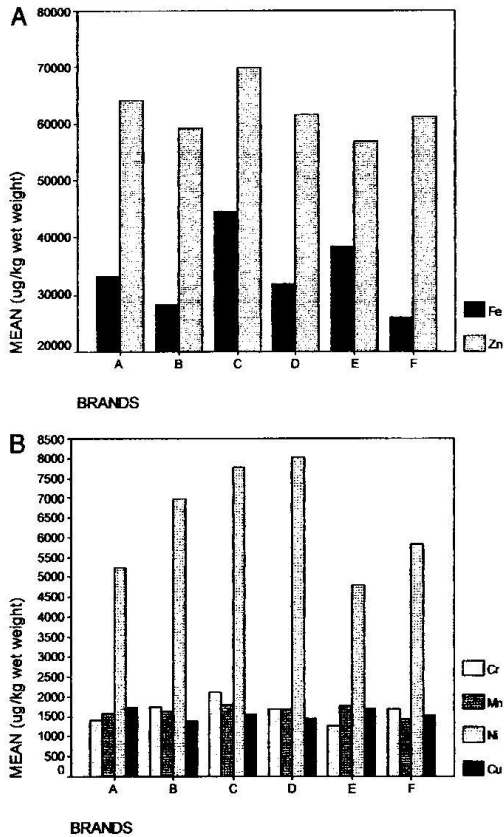


FIGURE 3. Concentrations of essential heavy metals Zn and Fe (A) and Cr, Mn, Ni, and Cu (B) with respect to brand of canned mussels.

sible daily allowance of Pb and Cd in humans. Because the amounts of mussels normally consumed are much lower than these thresholds, the mussel brands and preparations studied can be considered safe to consume.

We were unable to accurately assess Hg concentrations with the procedures used in this study because all concentrations were below the detection limits of the equipment. Thus, we concluded that Hg concentrations in these products are minimal with respect to the maximum legal limit for human consumption.

The nutritional significance of mussels, based on consumption of 150 g of canned mussels (approximately one can) for an adult, for the essential heavy metals that have recommended daily allowances (Mn, Fe, Cu, and Zn) is presented in Table 7. These data confirm the suitability of this food for human consumption. Because of low concentrations of toxic metals and high concentrations of essential metals, mussels have an important place among healthy high-quality foods according to recommendations of the World Health Organization published in 1988 (35).

REFERENCES

- Al-Madfa, H., M. A. R. Abdel-Moati, and F. H. Al-Gimaly. 1998. *Pinctata radiata* (pearl oyster): a bioindicator for metal pollution monitoring in the Quatari waters (Arabian Gulf). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60:245-251.
- Al-Sayed, H. A., A. M. Mahasaneh, and J. Al-Saad. 1994. Variations of trace metals concentrations in seawater and pearl oyster *Pinctata radiata* from Bahrain (Arabian Gulf). *Mar. Pollut. Bull.* 28:370-374.
- Baruthio, F. 1991. Toxicologie des éléments traces essentiels, p. 214-310. In *Les Oligoéléments en Médecine et Biologie*. Lavoisier-Tec Doc, Paris.
- Bayne, B. L. 1989. The biological effects of marine pollutants, p. 131-152. In J. Albaiges (ed.), *Marine pollution*. Hemisphere Publishing, New York.
- Bigas, M., E. Sagristá, G. Bozzo, M. Dufort, and M. Poquet. 2000. Occurrence of heavy metals and protozoan parasites in the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, collected in the western Mediterranean. *Ecotoxicol. Environ. Restor.* 3:16-21.
- Blueweis, L., H. Fox, V. Kudzma, D. Nakashima, R. Peters, and S. Sams. 1978. Relationships between body size and sometime life history parameters. *Oecologia* 37:257-272.
- Bou-Olyan, A. H., S. Al-Mater, S. Al-Yakoob, and S. Al-Hazens. 1995. Accumulation of lead, cadmium, copper and nickel by pearl oyster *Pinctata radiata* from Kuwait marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 30:211-214.
- Boyden, C. R. 1974. Trace elements and body size in molluscs. *Nature* 251:311-314.
- Bryan, G. W. 1976. Some aspects of heavy metals tolerance in aquatic organisms, p. 7-34. In P. M. Locwood (ed.), *Effects of pollutants on aquatic organisms*. Society of Experimental Biology Seminar Series 2. Cambridge University Press, New York.
- Chou, C. L., L. A. Paon, J. D. Moffatt, and B. Zwicker. 2000. Copper contamination and cadmium, silver and zinc concentrations in the digestive glands of American lobster (*Homarus americanus*) from the inner Bay of Fundy, Atlantic, Canada. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:470-477.
- Choy, E. H. S., D. L. Scott, G. H. Kingsley, S. Thomas, A. G. U. Murphy, N. Staimos, and G. S. Panayi. 2001. Control of rheumatoid arthritis by oral tolerance. *Arthritis Rheum.* 44:1993-1997.
- European Community. 1993. 93/351/EEC: Commission decision of 19 May 1993 determining analysis methods, sampling plans and maximum limits for mercury in fishery products. Available at: <http://www.useu.be/agri/seafood2.html>.
- European Community. 2001. Directive 2001/22/CE. Available at: http://admi.net/eur/loi/lcg_euro/fr_301L0022.html.
- Food and Agriculture Organization. 1972. *Marine pollution and sea life*, p. 343-345, 584-593. Food and Agriculture Organization, Rome.
- González-Soto, E., V. González-Rodríguez, C. López-Suárez, J. M. Castro-Romero, J. Pérez-Iglesias, and J. M. Fernández-Solis. 2000. Migration of lead and cadmium from ceramic materials used in food preparation. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:598-603.
- Halliwel, D., N. Turoczy, and F. Stagniitti. 2000. Lead concentrations in *Eucalyptus* sp. in a small coastal town. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:583-590.
- Hansen, J. C., and G. Danscher. 1997. Organic mercury: an environmental threat to the health of dietary-exposed societies. *Rev. Environ. Health* 12:107-116.
- Hardisson, A. 1984. Niveles de concentración de metales pesados (Hg, Zn, Cd, Pb, Cu, Fe) en especies marinas de interés bromatológico. Ph.D. thesis. University of La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain.
- His, E., R. Beiras, and N. W. L. Seaman. 2000. The assessment of marine pollution—bioassays with bivalve embryos and larvae. *Mar. Biol.* 37:3-139.
- Kurasaki, M., D. I. Hartoto, T. Saito, M. Suzuki-Kurasaki, and T. Iwakuma. 2000. Metals in water in the Central Kalimantan, Indonesia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:591-597.
- Llobet, J. M., S. Granero, M. Schuhmacher, J. Corbella, and J. L. Domingo. 1998. Biological monitoring of environmental pollution

- and human exposure to metals in Tarragona, Spain. IV. Estimation of the dietary intake. *Trace Elem. Electrolytes* 15:136–141.
22. Moreiras, O., A. Carbajal, L. Cabrera, and C. Cuadrado. 1999. Tablas de composición de alimentos. Pirámide, Madrid.
 23. Moukrim, A., A. Kaaya, S. Najimi, M. Romeo, M. Gnassia-Barelli, and J. F. Narbone. 2000. Assessment of the trace metal levels in two species of mussels from the Agadir Marine Bay, south of Morocco. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:478–485.
 24. Mycroft, R. H., D. C. Mitchell, and J. Kay. 2000. An evaluation of statistical procedures for comparing an individual's performance with that of a group of controls. *Cognit. Neuropsychol.* 19:291–299.
 25. Nixon, E., A. Rowe, and D. McLaughlin. 1994. Mercury concentrations in fish from Irish waters in 1993. Marine Environmental Series 2/94. Fisheries Research Centre, Abbotstown, Dublin.
 26. Nixon, E., A. Rowe, and D. McLaughlin. 1995. Mercury concentrations in fish from Irish waters in 1994. Marine Environmental Series 2/95. Fisheries Research Centre, Abbotstown, Dublin.
 27. Pan, G. 2002. Confidence intervals for comparing two scale parameters based on Levene's statistics. *J. Nonparametr. Stat.* 4:459–476.
 28. Parlak, H., B. Katalay, and B. Büyüksik. 1999. Accumulation and loss of chromium by mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 62:286–292.
 29. Pokorny, B., and C. Ribaric-Lasnik. 2000. Lead, cadmium and zinc in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*) near the lead smelter in the Koroska Region (northern Slovenia). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 64:20–26.
 30. Roméo, M., Z. Sidomou, and M. Gnassia-Barelli. 2000. Heavy metals in various molluscs from the Mauritanian coast. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:269–276.
 31. Sierra, A., and A. Hardisson. 1991. La contaminación química de los alimentos. Aditivos alimentarios, p. 293–303. In G. Piédrola, J. del Rey, M. Domínguez, P. Cortina, R. Gálvez, A. Sierra, M. C. Sáenz, L. I. Gómez, J. Fernández-Crehuet, L. Salleras, A. Cucto, and J. J. Gestal (ed.), *Medicina preventiva y salud pública*, 9th ed. Salvat, Barcelona.
 32. Soria, M. L., G. Repetto, and M. Repetto. 1995. Revisión general de la toxicología de los metales, p. 293–359. In M. Repetto (ed.), *Toxicología avanzada*. Ediciones Díaz de Santos, Madrid.
 33. Spangber, J. V., and G. N. Cher. 1996. Developmental effects of barium exposure in a marine bivalve (*Mytilus californianus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 15:1769–1774.
 34. Williamson, P. 1980. Variables affecting body burdens of lead, zinc and cadmium in a roadside population of the snail *Cepaca hortensis* Müller. *Oecologia* 44:213–220.
 35. World Health Organization (WHO). 1988. Dietary intake of Hg, Cd and Pb, assessment of chemical contaminants in food. Report on the results of the UNEP/FAO/WHO programme on health-related environmental monitoring (prepared in cooperation with MARC, London). WHO, Geneva.
 36. Xu, P., S. Huang, R. Zhue, X. Han, and H. Zhou. 2002. Phenotypic polymorphism of CYP2A6 activity in a Chinese population. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 58:333–337.
 37. Ysart, G., P. Miller, H. Crews, P. Robb, M. Baxter, C. De L'Argy, S. Lofthouse, C. Sargent, and N. Harrison. 1999. Dietary exposure estimates of 30 elements from the UK Total Diet Study. *Food Addit. Contam.* 16:391–403.
 38. Zyadah, M. A., and T. E. Abdel-Baky. 2000. Toxicity and bioaccumulation of copper, zinc and cadmium in some aquatic organisms. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 64:740–747.

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports®



2004 JCR Science Edition

Journal Summary List

[Journal Title Changes](#)Journals from: **subject categories FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY** [VIEW CATEGORY SUMMARY LIST](#)Sorted by:

Journals 1 - 20 (of 94)

[1 | 2 | 3 | 4 | 5]

Page 1 of 5

 Ranking is based on your journal and sort selections.

Mark	Rank	Abbreviated Journal Title (linked to journal information)	ISSN	JCR Data ⁱ⁾				
				Total Cites	Impact Factor	Immediacy Index	Articles	Cited Half-life
<input type="checkbox"/>	1	CRIT REV FOOD SCI	1040-8398	1886	3.278	0.091	33	>10.0
<input type="checkbox"/>	2	CHEM SENSES	0379-864X	2242	2.594	0.378	82	5.7
<input type="checkbox"/>	3	TRENDS FOOD SCI TECH	0924-2244	1650	2.534	0.340	50	7.2
<input type="checkbox"/>	4	INT J FOOD MICROBIOL	0168-1605	6038	2.490	0.410	256	5.2
<input type="checkbox"/>	5	FOOD CHEM TOXICOL	0278-6915	4005	2.341	0.337	202	6.7
<input type="checkbox"/>	6	J AGR FOOD CHEM	0021-8561	27992	2.327	0.232	1261	5.9
<input type="checkbox"/>	7	J CEREAL SCI	0733-5210	2106	2.173	0.276	76	8.4
<input type="checkbox"/>	8	J DAIRY SCI	0022-0302	16051	2.134	0.343	481	9.9
<input type="checkbox"/>	9	INT DAIRY J	0958-6946	2255	2.031	0.296	108	5.6
<input checked="" type="checkbox"/>	10	J FOOD PROTECT	0362-028X	7942	1.874	0.169	421	6.5
<input type="checkbox"/>	11	FOOD HYDROCOLLOID	0268-005X	1573	1.864	0.404	104	5.5
<input type="checkbox"/>	12	POSTHARVEST BIOL TEC	0925-5214	1814	1.714	0.171	129	4.9
<input type="checkbox"/>	13	FOOD ADDIT CONTAM	0265-203X	2240	1.698	0.230	126	5.8
<input type="checkbox"/>	14	MEAT SCI	0309-1740	4089	1.656	0.287	275	6.3
<input type="checkbox"/>	15	BIOTECHNOL PROGR	8756-7938	3540	1.635	0.296	260	5.6

http://sauwok.fecyt.es/admin-apps/JCR/JCR?RQ=LIST_SUMMARY_JOURNAL 16/04/2010

Trabajo nº 2. Situación de la revista en el listado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos en 2004.

Research Note

Content of Toxic Heavy Metals (Mercury, Lead, and Cadmium) in Canned Variegated Scallops (*Chlamys varia*)

A. J. GUTIÉRREZ,¹ D. GONZÁLEZ-WELLER,^{2*} T. GONZÁLEZ,³ A. BURGOS,⁴ G. LOZANO,⁵
J. I. REGUERA,⁶ AND A. HARDISSON²

¹Department of Toxicology and Animal Biology (Marine Sciences) ⁵Department of Animal Biology (Marine Sciences), University of La Laguna, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain; ²Department of Toxicology and ⁴Department of Preventive Medicine and Public Health, University of La Laguna, 38071 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain; ³Canarian Public Health Service, 38006 Santa Cruz de Tenerife, Tenerife, Canary Islands, Spain; and ⁶Department of Microbiology, Faculty of Food Science and Technology, University of Burgos, Misael Bañuelos, Burgos, 09001, Spain

MS 06-652: Received 18 December 2006/Accepted 30 March 2007

ABSTRACT

The concentrations of three toxic heavy metals, mercury (Hg), lead (Pb), and cadmium (Cd), were determined in preserved variegated scallops (*Chlamys varia*, Bivalvia, Mollusca), which are often consumed in Tenerife (Canary Islands, Spain). A total of 300 samples of seven commercial brands (A, B, D, H, J, L, and M) and one processed product ("scallop sauce") were analyzed. Samples were collected weekly in a major shopping area in Santa Cruz de Tenerife during a 12-month period. The concentrations of lead and mercury were far below the maximum limit permitted for human consumption by the European Communities Commission regulation (EC) 466/2001 (1 and 0.5 mg kg⁻¹ wet weight for Pb and Hg, respectively). Concentrations of cadmium were close to the maximum limit permitted by regulation (EC) 466/2001 (1 mg kg⁻¹ wet weight).

The toxicity of metals has long been known and continues to be of concern. Understanding of the potential toxic effects and mechanisms of action of metal ions has increased in recent years, and it is important to continue to monitor the presence of these toxic agents in foods.

Relatively low concentrations of cadmium (Cd) have been found in the environment (14). Cadmium also exists as the mineral cadmium sulfide and is usually associated with zinc (29). Crustaceans and molluscs are aquatic organisms able to accumulate cadmium, whereas fish concentrations seldom exceeds 0.2 µg kg⁻¹ (16). Filter-feeding bivalves are considered bioindicators of metal contamination because their ability to absorb dissolved organic matter causes them to accumulate these metals.

Lead (Pb) also bioaccumulates; thus, the concentration of lead in animals and plants increases along the food chain (18). Intake from contaminated food is an important source of this metal (23, 31). Different molluscs harbor different concentrations of lead, depending on the organism. In oysters, the concentration of lead ranges from 1.25 to 14 µg g⁻¹ in certain areas of urban contamination (1) and from 0.44 to 0.64 µg g⁻¹ in marine environments (5). Various concentrations of lead have been found in the green-lipped mussel *Perna viridis*: 8.27 µg g⁻¹ in the Malaysian Peninsula (46), 2.02 ± 4.30 µg g⁻¹ in the port of Tolo (Hong Kong), and 1.75 ± 5 µg g⁻¹ in markets in the same area.

Mercury (Hg) is neurotoxic and adversely affects the

gastrointestinal tract and renal function (19, 36). Concentrations of mercury in fishes of the Atlantic Ocean (13) usually are lower than in those in fishes in smaller bodies of water, probably because seas are more polluted than the oceans (7, 8, 15, 20, 34, 37, 41, 42).

The aim of this study was to determine the concentrations of toxic heavy metals in variegated scallops (*Chlamys varia*), which are commonly consumed in Spain.

MATERIALS AND METHODS

Samples (five cans of scallops) were collected once each week for 12 months in a major shopping area in Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain. The samples originated in Galicia, were packaged under seven commercial brands (A, B, D, H, J, L, and M), and had been processed in the same way. These brands are consumed throughout Spain (Iberian Peninsula and Canary Islands).

Because of the expected low concentrations of metals, the individual specimens of similar size in each can were homogenized to obtain the required sample amount (10 g) for analysis.

Analysis of mercury. Two different sample preparation protocols were followed to account for mercury volatility. For total digestion, three 5-g samples were collected from each can and weighed in test tubes. These samples were digested in 10 ml of HNO₃, 5 ml of antifoaming agent and 0.05 g of V₂O₅ (catalyst) were added, the mixture was heated on a hot plate for 15 min at 40 to 45°C, 15 ml of H₂SO₄ was added, and the mixture was heated at 40 to 45°C for another 15 min.

After total digestion, samples were cooled to room temperature, and the volume was brought to 100 ml. An atomic absorption spectrophotometer (4100 ZL, Perkin Elmer, Norwalk, Conn.)

* Author for correspondence. Tel: +34-616-992-801; Fax: +34-922-626-497; E-mail: dgonzal@ull.es.

TABLE 1. Dry weight, percent moisture, and ash weight of seven Spanish brands of variegated scallops^a

Brand	No. of samples analyzed	Size (mm)	Dry weight (g)	Moisture (%)	Ash weight (g)
A	30	19.83 ± 1.94	3.03 ± 0.13	69.67 ± 1.28	0.25 ± 0.07
B	28	19.24 ± 1.68	2.85 ± 0.08	71.46 ± 0.80	0.18 ± 0.07
D	30	20.04 ± 1.30	3.18 ± 0.39	68.19 ± 3.94	0.23 ± 0.07
H	28	25.43 ± 2.42	3.14 ± 0.11	68.64 ± 1.10	0.22 ± 0.07
J	28	18.74 ± 2.87	2.81 ± 0.11	71.89 ± 1.12	0.16 ± 0.07
L	28	19.07 ± 1.85	3.27 ± 0.31	67.34 ± 3.07	0.18 ± 0.07
M	32	20.20 ± 1.39	3.03 ± 0.11	69.72 ± 1.09	0.24 ± 0.12

^a Values are mean ± standard deviation.

TABLE 2. Concentrations of toxic heavy metals per brand of scallops

Brand	Cadmium		Lead		Mercury	
	No. of samples	Concn (µg kg ⁻¹)	No. of samples	Concn (µg kg ⁻¹)	No. of samples	Concn (µg kg ⁻¹)
A	28	1087.45 ± 434.98	28	190.97 ± 89.14	16	41.77 ± 6.67
B	26	820.66 ± 244.91	22	187.15 ± 95.08	16	23.13 ± 4.16
D	30	981.96 ± 284.11	30	232.27 ± 101.80	16	35.70 ± 13.23
H	28	693.86 ± 176.88	28	113.36 ± 62.76	16	8.6 ± 6.5
J	28	928.13 ± 267.38	28	301.64 ± 118.12	16	— ^a
L	26	983.15 ± 328.93	28	219.02 ± 83.52	16	44.57 ± 7.22
M	32	899.69 ± 294.39	30	202.85 ± 73.34	16	48.33 ± 5.97

^a Brand could not be analyzed because no samples were available in the market.

TABLE 3. Concentrations of cadmium reported for various molluscs

Species	Area	Cadmium (µg kg ⁻¹)	Reference
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Venetian Lagoon	50–4,540	43
<i>M. galloprovincialis</i>	Cape Ghir	4,000 ± 1,500	25
<i>M. galloprovincialis</i>	Vigo	630	2
<i>M. galloprovincialis</i>	Coasts of Galicia	500	32
<i>M. edulis</i>	Barents Sea	1,000–2,000	48
<i>M. edulis</i>	Wheihai (China)	580	22
<i>Pinctata radiata</i>	Persian Gulf	3,300–17,900	17
<i>Monodonta turbinata</i>	Bakar Bay	200	26
<i>M. turbinata</i>	Tyrrhenian Sea	860–1,410	11
<i>Sassostrea cucullata</i>	Hong Kong	11,600	4
<i>Crassostrea whanensis</i>	Wheihai (China)	740	22
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Wheihai (China)	140	22
<i>Septifer virgatus</i>	Hong Kong	6,490	4
<i>Brachidontes atratus</i>	Hong Kong	1,630	4
<i>Chalmys varia</i>		914 ± 317.16	This study

with a hydride generator was used to analyze the samples (28). The instrument was calibrated using the calibration curve method. Instrument conditions were wavelength of 253.7 nm, gap width of 0.7 mm, quartz tube temperature of 110°C, and sample volume of 500 µl.

Analyses of lead and cadmium. Three 10-g samples were collected from each can, weighed into porcelain crucibles, and heated on a hot plate to 80 to 105°C until the dry weight was obtained. Crucibles then were placed in an oven furnace and the temperature was raised gradually (≈50°C per hour) until 450 ± 25°C was reached. Approximately 18 to 24 h elapsed from the beginning of incineration until the formation of white ash. Crucibles were then left to cool to room temperature, and ash was

dissolved with 1 ml of 0.6% HNO₃. Sample volume was brought to 50 ml, and cadmium and lead were analyzed with an atomic absorption spectrophotometer and a graphite furnace (47). In the initial lead and cadmium analyses, a mixture of NH₄H₂PO₄ and Mg(NO₃)₂ was used as a matrix modifier. However, no improvements in the results were found, so this practice was discontinued. The instrument conditions of the graphite furnace were wavelengths of 217.0 (Pb) and 228.8 (Cd) nm, injection temperature of 20°C, reading temperature (atomization temperature) of 1,500°C, and injection volume of 15 µl.

Quality control of the analytical measurements was conducted with blank samples and the following reference materials: NBS SRH 1577a bovine liver and BCR-278 R mussel tissue (Pb), with

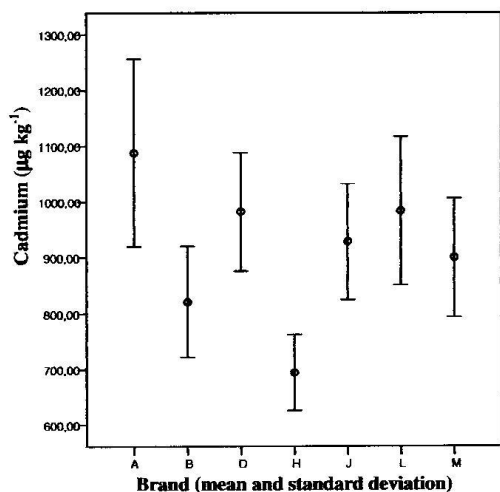


FIGURE 1. Content of cadmium (micrograms per kilogram) in variegated scallops.

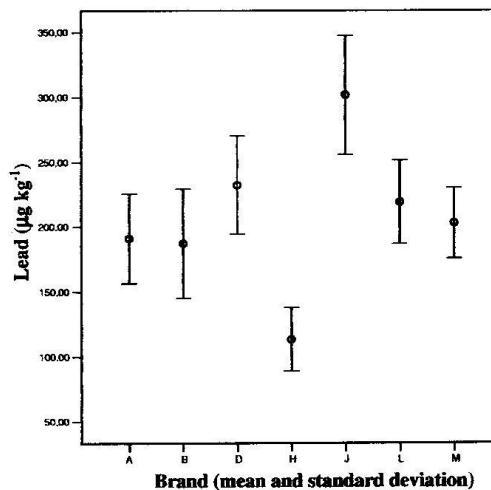


FIGURE 3. Content of lead (micrograms per kilogram) in variegated scallops.

recoveries of 99.26 and 98.5%, respectively; BCR-278 R mussel tissue and BCR CRM 184 bovine muscle (Cd), with recoveries of 100.28 and 92.30%, respectively; and BCR-278 R mussel tissue (Hg), with a recovery of 100.51%. The recovery obtained with the references was considered correct.

Statistical analysis. Results were analyzed for homogeneity with the Kolmogorov-Smirnov test (45) and for variances with a Levene test (27). Because the data were not normally distributed, the nonparametric Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney U test (9) were used.

RESULTS

Table 1 shows data on the sizes of the variegated scallops analyzed. Brand H scallops were significantly larger (25.43 ± 2.42 mm) than those of the other brands. Table 1 also shows percent moisture, dry weight, and ash weight of the samples. Scallops of brands B and J had the lowest dry weight and highest moisture content. Scallops of brand A had the highest ash weight.

The moisture content of the scallop samples (67.34 to 71.46%) was lower than that observed by Moreiras et al. (24) in their study on the composition of fish, crustaceans, and molluscs. These authors found 85.4% moisture in the mussels they analyzed. Differently processed samples may have different moisture contents because moisture loss in mussels depends on the heat process used.

Table 2 shows the results obtained from the analyses of heavy metals. There were no major differences in cadmium concentrations in products from brands A, D, J, L, and M, but there was an important difference between brand H and the others; scallops of this brand contained the lowest concentration of cadmium (693.86 ± 176.88 µg kg⁻¹). The highest concentration of this metal was found in brand A ($1,087.45 \pm 434.98$ µg kg⁻¹). This concentration is higher than the limit permitted by European Com-

munities Commission regulation (EC) 466/2001 (10), which is $1,000$ µg kg⁻¹ (Fig. 1).

There were no important differences in lead concentration between scallops of brands A, B, D, L, and M, but there were important differences between brands H and J and the others. Scallops of brands A and J contained the lowest (113.36 ± 62.76 µg kg⁻¹) and highest (301.64 ± 118.12 µg kg⁻¹) concentrations of lead, respectively (Fig. 2).

Brand M scallops had the highest concentration of mercury (48.33 ± 5.97 µg kg⁻¹), and those of brand H had the lowest (8.6 ± 6.5 µg kg⁻¹) (Fig. 3).

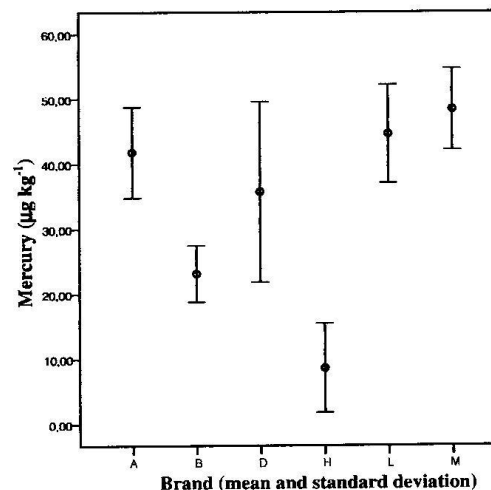


FIGURE 3. Content of mercury (micrograms per kilogram) in variegated scallops.

TABLE 4. Concentrations of lead reported for various molluscs

Species	Area	Lead ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Reference
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Coasts of Galicia	700	32
<i>M. edulis</i>	Wheihai (China)	220	22
<i>Mytilus</i> spp.	Venetian Lagoon	6,180–8,026	43
<i>Crassostrea</i> spp.		1,250–14,000	1
<i>Crassostrea</i> spp.		440–640	5
<i>Crassostrea</i> spp.		2,300 \pm 1,600	38
<i>Pinctada mazatlanica</i>	Gulf of Oman	3,920	12
<i>Crassostrea</i> spp.	Gulf of Oman	673	12
<i>Patella cerulea</i>	Tyrrhenian Sea	440–670	11
<i>Monodonta turbinata</i>	Tyrrhenian Sea	510–1,500	11
<i>Perna viridis</i>	Hong Kong (port)	2,020 \pm 4,300	42
<i>P. viridis</i>	Hong Kong (market)	1,170 \pm 5,000	44
<i>P. viridis</i>	Peninsula of Malaysia	8,270	46
<i>Pinctata radiata</i>		320–3,910	17
<i>Pinctata radiata</i>	Kuwait	400–520	6
<i>Crassostrea talienwhanensis</i>	Wheihai (China)	210	22
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Wheihai (China)	200	22
<i>Ruditapes</i> spp.	Gulf of Oman	1,450	12
<i>Chlamys varia</i>		207.98 \pm 103.5	This study

If we compare the data obtained in our study with data obtained by other authors (Table 3), cadmium concentrations were very close to those permitted by regulation (EC) 466/2001 (1,000 $\mu\text{g kg}^{-1}$) but not clearly higher. The concentrations of cadmium found in the variegated scallops was similar to that reported by Conti and Ceccethi (11) in the snail *Monodonta turbinata* from the coast of the Tyrrhenian Sea (860 to 1,410 $\mu\text{g kg}^{-1}$). To reduce dietary exposure to cadmium in variegated scallops, we recommend removal of the hepatopancreas, leaving only muscle tissue for consumption because this tissue does not easily accumulate metals (21, 30, 39, 40).

The lead concentrations we found are similar to those reported by Liang et al. (22) in Wheihai (China) for *Crassostrea talienwhanensis* (210 $\mu\text{g kg}^{-1}$), *Ruditapes philippinarum* (200 $\mu\text{g kg}^{-1}$), and *Mytilus edulis* (220 $\mu\text{g kg}^{-1}$) but not close to the maximum limit permitted by European Communities. Table 4 shows a comparison between our data and results others for molluscs from different areas. The concentrations of mercury we found are substantially lower than those found by other authors. None of the sam-

ples we tested had mercury concentrations that exceeded the maximum limit established by the regulation (EC) 466/2001 (500 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Table 5 shows concentrations of mercury in various filter-feeding molluscs from different areas.

REFERENCES

- Al-Sayed, H. A., A. M. Mahasaneh, and F. H. Al-Gimaly. 1998. *Pinctata radiata* (pearl oyster): a bioindicator for metal pollution monitoring in the Quatari waters (Arabian Gulf). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60:245–251.
- Besada, V., J. V. Fumega, and A. Vaamonde. 2002. Temporal trends of Cd, Cu, Hg, Pb and Zn in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North Atlantic coast 1991–1999. *Sci. Total Environ.* 288:239–253.
- Bigas, M., E. Sagristá, G. Bozzo, M. Dufort, and M. Poquet. 2000. Occurrence of heavy metals and protozoan parasites in the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, collected in the western Mediterranean. *Ecotoxicol. Environ. Restor.* 3(1):16–21.
- Blackmore, G. 2001. Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. *Environ. Pollut.* 114:303–311.
- Bou-Oylan, A.-H., S. Al-Mater, S. Al-Yakoob, and S. Al-Hazem. 1995. Accumulation of lead, cadmium, copper and nickel by pearl oyster *Pinctata radiata*, from Kuwait marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 30:211–214.
- Bu-Olayan, A.-H., and M. N. V. Subrahmanyam. 1997. Accumulation of copper, nickel, lead and zinc by snail, *Lunella coronatus* and pearl oyster, *Pinctada radiata* from the Kuwait coast before and after the Gulf War oil spill. *Sci. Total Environ.* 197:161–165.
- Capelli, R., V. Contardi, B. Cosma, V. Minganti, and G. Zanichelli. 1983. A four-year study on the distribution of some heavy metals in five marine organisms of the Ligurian Sea. *Mar. Chem.* 12:281–293.
- Caviglia, A., and F. Cugurra. 1978. Further studies on the mercury contents in some species of marine fish and molluscs. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 19:528–537.
- Choy, E. H. S., D. L. Scott, G. H. Kingsley, A. Thomas, A. G. U. Murphy, N. Staimos, and G. S. Panayi. 2001. Control of rheumatoid arthritis by oral tolerance. *Arthritis Rheum.* 44:1993–1997.
- Commission of the European Communities. 2001. Commission regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels

TABLE 5. Concentrations of mercury reported for various molluscs

Species	Area	Mercury ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Reference
<i>Crassostrea angulata</i>	Asturias	190	35
<i>C. angulata</i>	Galicia	160	35
<i>C. angulata</i>	Cadiz	170	35
<i>C. angulata</i>	Huelva	900	35
<i>Mytilus</i> spp.	Sudbury River	100	33
<i>Mytilus</i> spp.	Sudbury River	59	33
<i>Sieinhausia mytilolum</i>		119–991	3
<i>Chlamys varia</i>		33.68 \pm 15.76	This study

- for certain contaminants in foodstuffs. *Off. J. Eur. Communities* L77: 1–13.
11. Conti, M. E., and G. Ceccethi. 2003. A biomonitoring study: trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas. *Environ. Res.* 93:99–112.
 12. De Mora, S., S. W. Fowler, E. Wyse, and S. Azemard. 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman. *Mar. Pollut. Bull.* 49:410–424.
 13. Diaz, C., A. González Padrón, I. Frías, A. Hardisson, and G. Lozano. 1994. Concentrations of mercury in fresh and salted marine fish from the Canary Islands. *J. Food Prot.* 57:246–248.
 14. Dunning, J. K., and B. A. Fowler. 1988. Cadmium, p. 156–174. In H. G. Sciler and A. Sigel (ed.), *Handbook on toxicology of inorganic compounds*. Marcel Dekker, New York.
 15. El Sokary, I. H. 1980. Mercury accumulation in fish from Mediterranean coastal area of Alexandria, Egypt, p. 493–496. In 5th journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée [Workshop on Pollution of the Mediterranean], Cagliari, Italy. Commission Internationale pour l'Exploitation Scientifique de la Mer Méditerranée, Monte Carlo.
 16. Establier, R. 1970. Contenido en cobre, manganeso y cinc de varios órganos del atún, *Thunnus thynnus* (L.) del Golfo de Cádiz. *Invest. Pesq.* 34:399–408.
 17. Fowler, S. W., J. W. Readman, B. Oregioni, J. P. Villeneuve, and K. McKay. 1993. Petroleum hydrocarbons and trace metals in near shore Gulf sediments and biota before and after the 1991 war: an assessment of temporal and spatial trends. *Mar. Pollut. Bull.* 27:171–182.
 18. Halliwell, D., N. Turoczy, and F. Stagnitti. 2000. Lead concentrations in *Eucalyptus* sp. in a small coastal town. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:583–590.
 19. Hardisson, A. 1981. La contaminación por mercurio en especies marinas. Su importancia bromatológica. *Bol. Inform. Colegios Of. Farm. Prov. Santa Cruz Tenerife Las Palmas Gran Canaria* 1981(May):29–33.
 20. Hernández, F., J. Medina, J. Ansuátegui, and M. Conesa. 1990. Heavy metal concentration in some marine organisms from the Mediterranean Sea (Castellón, Spain): metal accumulation in different times. *Sci. Mar.* 54(2):113–119.
 21. Kargin, F. 1996. Seasonal changes in levels of heavy metals in tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from Iskenderun Gulf (Turkey). *Water Air Soil Pollut.* 90:557–562.
 22. Liang, L. N., B. He, G. B. Jiang, D. Y. Chen, and Z. W. Yao. 2004. Evaluation of molluscs as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Sci. Total Environ.* 324:105–113.
 23. Llobet, J. M., S. Granero, M. Schuhmacher, J. Corbella, and J. L. Domingo. 1998. Biological monitoring of environmental pollution and human exposure to metals in Tarragona, Spain. IV. Estimation of the dietary intake. *Trace Elem. Electroly.* 15(3):136–141.
 24. Moreiras, O., A. Carbajal, L. Cabrera, and C. Curado. 2004. Tablas de composición de alimentos. Pirámide, Madrid.
 25. Moukrim, A., A. Kaaya, S. Najimi, M. Romeo, M. Gnassia-Barelli, and J. F. Narbone. 2000. Assessment of the trace metals levels in two species of mussels from the Agadir Marine Bay, south of Morocco. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 65:478–485.
 26. Ozretic, B., M. Krajnovic-Ozretic, J. Santin, B. Medjugorac, and M. Kras. 1990. As, Cd, Pb, Hg in benthic animals from the Kvarner-Rijeka region, Yugoslavia. *Mar. Pollut. Bull.* 21:595–598.
 27. Pan, G. 2002. Confidence intervals for comparing two scale parameters based on Levene's statistics. *J. Nonparametr. Stat.* 4:459–476.
 28. Reilly, C. 2002. Metal contamination of food: its significance for food quality and human health. Blackwell Science, Ltd., Oxford.
 29. Rodríguez-López, M. A., M. Navarro, C. Cabrera, and M. C. López. 2001. Elementos tóxicos en alimentos, bebidas y envases. *Alimentaria* 2001(May):23–32.
 30. Roméo, M., Y. Siau, Z. Sidoumou, and M. Gnasia-Barelli. 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritanian coast. *Sci. Total Environ.* 232:169–175.
 31. Rubio, C., I. Frías, and A. Hardisson. 1999. Toxicología del plomo y su presencia en los alimentos. *Alimentaria* 305:77–85.
 32. Saavedra, Y., A. González, P. Fernández, and J. Blanco. 2003. The effect of size on trace metal levels in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Sci. Total Environ.* 318(1–3):115–124.
 33. Salazar, S. M., N. Beckvar, N. H. Salazar, and K. Finkelstein. 1996. An in-situ assessment of mercury contamination in the Sudbury River, Massachusetts, using bioaccumulation and growth in transplanted freshwater mussels. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 89. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle.
 34. Schuhmacher, M., J. Baiste, M. A. Bosque, J. L. Domingo, and J. Corbella. 1994. Mercury concentrations in marine species from the coastal area of Tarragona Province, Spain. Dietary intake of mercury through fish and seafood consumption. *Sci. Total Environ.* 156:269–273.
 35. Schuhmacher, M., and J. L. Domingo. 1996. Concentrations of selected elements in oysters (*Crassostrea angulata*) from the Spanish coast. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56:106–113.
 36. Sierra, A., and A. Hardisson. 1991. La contaminación química de los alimentos. aditivos alimentarios, p. 293–303. In G. Piédrola, M. Domínguez, P. Cortina, J. del Rey Calero, R. Gálvez, A. Sierra, M. C. Sáenz, I. I. Gómez, J. Fernández-Crehuet, L. Salleras, A. Cueto, and J. J. Gestal (ed.), *Medicina preventiva y salud pública*, 9th ed. Salvat, Barcelona.
 37. Sinigoi-Gacnik, K., and D. Z. Doganoc. 2000. Contamination of farm animals and fishes from Slovenia with heavy metals and sulfonamides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 64:235–241.
 38. Soto-Jiménez, M., F. Páez-Osuna, and F. Morales-Hernández. 2001. Selected trace metals in oysters (*Crassostrea iridescens*) and sediments from the discharge zone of the submarine sewage outfall in Mazatlán Bay (southeast Gulf of California): chemical fractions and bioaccumulation factors. *Environ. Pollut.* 114:357–370.
 39. Sunlu, U., E. Ozdemir, and A. Basaran. 2001. The red mullet *Mullus barbatus* (Linnaeus 1758) as an indicator for heavy metal pollution in Izmir Bay (Turkey). In Proceedings of the 36th Commission Internationale pour l'Exploitation Scientifique de la Mer Méditerranée Congress, Monte Carlo, Monaco.
 40. Unlu, E., O. Akba, S. Sevim, and B. Gungum. 1996. Heavy metal levels in mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (Mugilidae) from the Tigris River, Turkey. *Fresen. Environ. Bull.* 5:107–112.
 41. Uysal, H., and S. Tuncer, S. 1982. Levels of heavy metals in some commercial foods species in the Bay of Izmir (Turkey), p. 323–327. In 6th journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée [Workshop on Pollution of the Mediterranean], Cannes. Commission Internationale pour l'Exploitation Scientifique de la Mer Méditerranée, Monte Carlo.
 42. Vega, L. O., J. A. Arias, P. Monterrey, O. Castro, O. L. Moreno, and L. Pérez. 2001. Niveles de metilmercurio en pescados. *Alimentaria* 2001(May):89–91.
 43. Widdows, J., C. Nasci, and V. U. Fossato. 1997. Effects of pollution on the scope for growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Venice Lagoon, Italy. *Mar. Environ. Res.* 43(1/2):69–79.
 44. Wong, C. K. C., R. Y. H. Cheung, and M. H. Wong. 2000. Heavy metal concentrations in green-lipped mussels collected from Tolo Harbour and markets in Hong Kong and Shenzhen. *Environ. Pollut.* 109:165–171.
 45. Xu, P., S. Huang, R. Zhuc, X. Han, and H. Zhou. 2002. Phenotypic polymorphism of CYP2A6 activity in a Chinese population. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 58:333–337.
 46. Yap, C. K., A. Ismail, S. G. Tan, and H. Omar. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Environ. Int.* 28: 117–126.
 47. Yaru, B. T., D. Bainok, and G. M. Day. 1999. Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in biological tissues using Zeeman graphite furnace AAS after microwave digestion in non-pressurized, semi-closed vessel. *Atom. Spectrosc.* 20:33–38.
 48. Zauke, G. P., B. Clason, V. M. Savinov, and T. Savinova. 2003. Heavy metals of inshore benthic invertebrates from the Barents Sea. *Sci. Total Environ.* 306:99–110.



WELCOME HELP MARKED LIST

2007 JCR Science Edition

Journal Summary List

[Journal Title Changes](#)

Journals from: **subject categories FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY** [VIEW CATEGORY SUMMARY LIST](#)

Sorted by: **Impact Factor** SORT AGAIN

Journals 21 - 40 (of 103)

Navigation: [1] [2] [3] [4] [5] [6]

Page 2 of 6

MARK ALL UPDATE MARKED LIST

Ranking is based on your journal and sort selections.

Mark	Rank	Abbreviated Journal Title <i>(linked to journal information)</i>	ISSN	JCR Data <i>↓</i>						Eigenfactor™ Metrics <i>↓</i>	
				Total Cites	Impact Factor	5-Year Impact Factor	Immediacy Index	Articles	Cited Half-life	Eigenfactor™ Score	Article Influence™ Score
<input type="checkbox"/>	21	CHEM SENSES	0379-864X	2848	1.896	2.242	0.655	84	6.3	0.01071	0.809
<input checked="" type="checkbox"/>	22	J FOOD PROTECT	0362-028X	10008	1.886	2.284	0.220	404	6.6	0.02346	0.533
<input type="checkbox"/>	23	J FOOD ENG	0260-8774	6932	1.848	2.322	0.497	765	5.0	0.01908	0.501
<input type="checkbox"/>	24	FOOD CONTROL	0956-7135	1562	1.823	1.908	0.378	241	4.0	0.00539	0.464
<input type="checkbox"/>	25	AM J ENOL VITICULT	0002-9254	3032	1.798	1.942	0.239	71	>10.0	0.00324	0.505
<input type="checkbox"/>	26	FOOD QUAL PREFER	0950-3293	1448	1.796	2.115	0.364	110	5.7	0.00407	0.503
<input type="checkbox"/>	27	J BIOSCI BIOENG	1389-1723	2610	1.782	1.628	0.161	186	5.0	0.01045	0.456
<input type="checkbox"/>	28	INNOV FOOD SCI EMERG	1466-8564	761	1.713		0.203	74	4.4	0.00357	
<input type="checkbox"/>	29	POSTHARVEST BIOL TEC	0925-5214	3151	1.590	2.408	0.275	167	5.7	0.00752	0.485
<input type="checkbox"/>	30	LWT-FOOD SCI TECHNOL	0023-6438	3075	1.589	1.979	0.360	242	8.2	0.00681	0.507
<input type="checkbox"/>	31	FOOD BIOPHYS	1557-1858	36	1.571	1.571	0.150	20		0.00022	0.451
<input type="checkbox"/>	32	J AOAC INT	1060-3271	3668	1.549	1.553	0.142	204	6.8	0.00937	0.403
<input type="checkbox"/>	33	J DAIRY RES	0022-0299	2677	1.507	1.929	0.171	70	>10.0	0.00417	0.528
<input type="checkbox"/>	34	FOOD REV INT	8755-9129	615	1.500	1.600	0.056	18	9.8	0.00108	0.466
<input type="checkbox"/>	35	J MED FOOD	1096-620X	706	1.342		0.045	112	3.6	0.00323	
<input type="checkbox"/>	36	J SCI FOOD AGR	0022-5142	8746	1.304	1.556	0.178	359	9.3	0.01370	0.404
<input type="checkbox"/>	37	J FOOD SCI	0022-1147	14206	1.255	1.475	0.145	352	>10.0	0.01832	0.376
<input type="checkbox"/>	38	BIOSCI BIOTECH BIOCH	0916-8451	7319	1.247	1.350	0.227	463	7.1	0.02027	0.393
<input type="checkbox"/>	39	FOOD TECHNOL-CHICAGO	0015-6639	2951	1.227	1.167	0.222	45	>10.0	0.00168	0.316
<input type="checkbox"/>	40	FOOD SCI BIOTECHNOL	1226-7708	817	1.223		0.163	190	2.7	0.00156	

MARK ALL UPDATE MARKED LIST

Journals 21 - 40 (of 103)

Navigation: [1] [2] [3] [4] [5] [6]

Page 2 of 6

http://sauwok.fecyt.es/admin-apps/JCR/JCR?RQ=LIST_SUMMARY_JOURNAL... 16/04/2010

Trabajo nº 3. Situación de la revista en el listado de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de 2007.

IDENTIFICACION: 0011677831999101505



MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA

Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora



LOZANO SOLDEVILLA, GONZALO
ELIAS SERRA RAFOLS, 21, 2º A
LA LAGUNA
38204 – SANTA CRUZ DE TENERIFE

La Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora en su reunión de 25 de octubre de 1999 habiendo conocido el Informe suscrito por el Comité Asesor número **05** respecto a su solicitud de evaluación del periodo comprendido entre los años **1992/1997** (ambos inclusive) y a la vista del expediente completo, ha procedido a su evaluación individual y ha decidido otorgar:

Valoración positiva. Tramos : 1

Contra esta Resolución cabe interponer recurso de alzada ante la Secretaría de Educación, Universidades, Investigación y Desarrollo, en el plazo de un mes a partir del día siguiente a aquel en que tenga lugar su notificación, de conformidad con lo establecido en los artículos 2º.4.6 del Real Decreto 1086/1989, de 28 de agosto, norma Segunda.6 de la Secretaría de Estado de Hacienda, de 28 de diciembre de 1989, 114 y 115 de la Ley 4/1999, de modificación de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Madrid, 25 de octubre de 1999

El Secretario

Fdo. Julio Casado Linarejos

VºBº
El Presidente

Fdo. Tomás García-Cuenca Ariati

Concesión de Sexenio de Investigación 1992 – 1997.

IDENTIFICACION: 01167783G05



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

SECRETARÍA DE ESTADO
DE UNIVERSIDADES
E INVESTIGACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN

COMISIÓN NACIONAL
EVALUADORA DE LA ACTIVIDAD
INVESTIGADORA



LOZANO SOLDEVILLA, GONZALO
ELIAS SERRA RAFOLS, 19, 2º A
38204 - LA LAGUNA
SANTA CRUZ DE TENERIFE

La Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora en su reunión de 5 de junio de 2007, habiendo conocido el Informe suscrito por el Comité Asesor número 05 respecto su solicitud de evaluación del periodo comprendido entre los años 1998 - 2006 (ambos inclusive) y a la vista del expediente completo, ha procedido a su evaluación individual y ha decidido otorgar:

Valoración positiva. Tramos: 1

Contra esta Resolución cabe interponer recurso de alzada ante la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, en el plazo de un mes a contar desde el día siguiente a aquel en que tenga lugar su notificación, de conformidad con lo establecido en los artículos 2º.4.6 del Real Decreto 1086/1989, de 28 de agosto, norma Segunda.6 de la Secretaría de Estado de Hacienda, de 28 de diciembre de 1989, 114 y 115 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Madrid, 5 de junio de 2007

El Secretario

Fdo. Alonso Rodríguez Navarro

VºBº
La Presidenta

Fdo. Violeta Demonte Barreto

San Fernando del Jarama, 14, 3ª Planta - 28002 Madrid - Tel.: 91 7459200 - Fax: 91 7459247

Concesión de Sexenio de Investigación 1998 - 2006.



Universidad de La Laguna
Unidad Técnica de Evaluación
Y Mejora de la Calidad Docente

LOZANO SOLDEVILLA, GONZALO

Departamento de
BIOLOGIA ANIMAL

A continuación, pasamos a informarle de los Complementos Retributivos obtenidos por usted en la convocatoria correspondiente a Julio de 2002.

Estos Complementos han sido evaluados positivamente por la Agencia Canaria de Evaluación y Acreditación Universitaria, aprobados en Consejo de Gobierno de esta Universidad, y acordado positivamente por el Pleno de Consejo Social en sus sesiones del 24 de julio y 23 de septiembre de 2003, condicionados a la existencia de crédito.

La Laguna, a 13 de octubre de 2003
El Coordinador de la Unidad Técnica de Evaluación
y Mejora de la Calidad Docente

Fdo.: Ramón Adiego de Mendoza Lugo

Datos complementos positivos y seleccionados
CONVOCATORIA DE JULIO DE 2002

DNI: 01167783-G Dedicación: C08 Cuantía por complemento al año 1.502,53 €

Complementos	Complementos concedidos. Efectos económicos desde el 1/1/03 al 31/12/04	Complementos de convocatorias anteriores que seguirán percibiendo a partir del 1 enero de 2003		
		En vigor	Desde	Hasta
Complemento 1. Reconocimiento a la dedic. docente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Complemento 2. Mérito docente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Complemento 3. Estímulo a la especialización	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Complemento 4. Aportaciones creativas a la docencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Complemento 5. Docencia de grad., post. e ins. labor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Complemento 6. Actividades I + D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Concesión de Complemento Investigador del Gobierno de Canarias 2002 – 2004.



Universidad de La Laguna

D. GONZALO LOZANO SOLDEVILLA

Departamento de Biología Animal

Se le comunica que habiendo sido evaluada por la Agencia Canaria de Evaluación de la Calidad y Acreditación Universitaria (ACECAU) su solicitud de complementos para el periodo 2005-2008, y emitido informe favorable por el Consejo de Gobierno, el Consejo Social ha acordado la asignación de los siguientes puntos, tramos e importes para cada uno de los tres complementos:

NIF: 01167783-G

COMPLEMENTO 1			COMPLEMENTO 2			COMPLEMENTO 3			COSTE TOTAL
Puntos	Tramos obtenidos	Coste anual	Puntos	Tramos obtenidos	Coste anual	Puntos	Tramos obtenidos	Coste anual	
33,87	3	3.900,00 €	30,00	3	2.500,00 €	34,00	3	1.500,00 €	7.900,00 €

Asimismo se le informa que:

1. Los complementos cuya valoración positiva se comunica en la presente notificación son los asignados por el Consejo Social en sesión de ese órgano celebrado el día 19 de mayo de 2005. Aquellos otros que hayan sido reconocidos por la ACECAU con posterioridad a dicha aprobación como consecuencia de la estimación de las reclamaciones interpuestas en su caso, serán objeto de notificación al profesorado una vez sean sometidos a informe del Consejo de Gobierno y sean asignados por el Consejo Social.
2. El reconocimiento del complemento 1, ligado a méritos docentes, está condicionado al resultado de las encuestas definitivas de satisfacción del alumnado que se hayan realizado en el presente curso académico.
3. El reconocimiento y asignación del complemento 1, ligado a méritos docentes, en relación con los cuales hayan tenido lugar las encuestas definitivas de satisfacción del alumnado, correspondientes al primer cuatrimestre, está igualmente condicionado al resultado de éstas. En consecuencia, se realizará la correspondiente rectificación en los casos en que la misma proceda.
4. Se procederá en los mismos términos en relación con los profesores o profesoras que hayan declinado la realización de las encuestas de satisfacción del alumnado.

La Laguna, a 14 de junio de 2005

El Rector,

Fdo.: Ángel Gutiérrez Navarro

**Concesión de Complemento Investigador del Gobierno de Canarias 2005 - 2008.
(actualmente ampliado hasta final de 2011).**

I. 4. Generalidades sobre metales pesados en algas y alimentos marinos. Legislación europea ad hoc.

I. 4. 1. Propiedades generales de los metales pesados tóxicos.

Se define la **Contaminación** como todo efecto perjudicial producido por causas naturales (según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua es “*alteración de la pureza de las cosas*”) y a la **Polución** como un efecto parecido o similar al anterior pero en esta caso debido a causas antrópicas (ídem “*contaminación intensa y dañina del agua y del aire producida por los residuos de los procesos industriales o biológicos*”). De igual forma, tóxico (del griego toxon = punta de flecha y, por extensión, veneno que se le aplica) es toda sustancia química que administrada a un organismo vivo tiene efectos perjudiciales o nocivos, siendo la toxicidad resultante la interacción entre dicho tóxico y el organismo, variando su grado en función de las especie, sexo, edad, tamaño, vía de adquisición o de administración y concentración, siendo un veneno² aquel tóxico usado con fines dolosos, es decir, antrópicamente con fines lesivos premeditados.

El concepto de metal pesado puede tener diferentes acepciones:

1. Todo metal que tenga densidad superior a 5 g/cm³
2. Todo metal con número atómico superior al del **Na** (Z = 11).
3. Todo metal con peso atómico comprendido entre 63,546 y 200,590
4. Todo metal que sea potencialmente tóxico para los sistemas biológicos.

Phipps (1976) define como metal tóxico como aquél que pertenece a un grupo de elementos que no tiene un efecto esencial ni es beneficioso, pero que tiene efectos nocivos en las funciones metabólicas normales, incluso estando presente en cantidades muy pequeñas. En sus aspectos generales, la incorporación de metales pesados en los organismos se puede producir por absorción respiratoria (compuestos metálicos volátiles o compuestos metálicos

² Hay que hacer referencia aquí a la célebre sentencia de Paracelso (1491 – 1541) “*Dosis sola facit venenum*”, es decir, que es la dosis del elemento o compuesto la que determina que sea o no sea considerado como nutriente, medicamento o veneno.

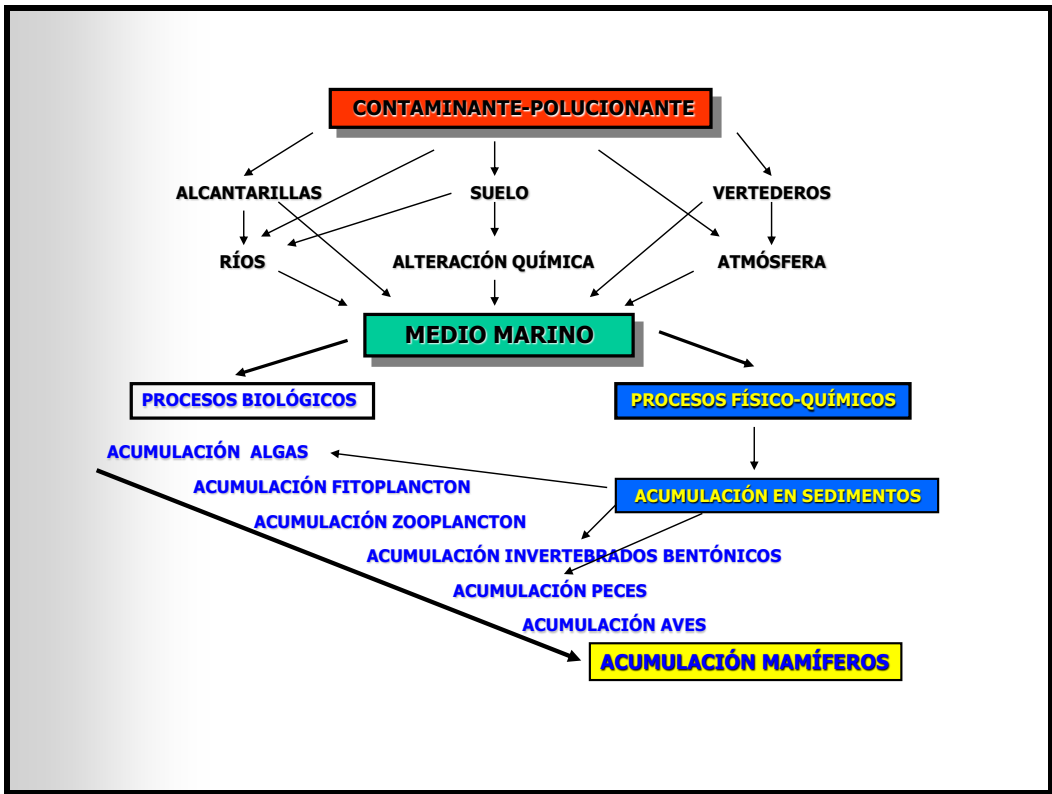
sólidos muy particulados) o por vía oral, siendo en este caso muy importante el proceso de bioacumulación o amplificación biológica, que consta de tres fases:

1. Asimilación: externa por adsorción e interna por absorción.
2. Bioacumulación individual o bioconcentración. Se expresa por medio del Factor de Bioconcentración (**BCF**), que relaciona la concentración del metal en el ambiente y en el organismo de referencia. Cuanto mayor sea el **BCF** menor será el contenido metálico del organismo.
3. Bioacumulación interindividual o bioamplificación (transferencia trófica). Sus casos más notorios son los de **Hg** y **Pb**.

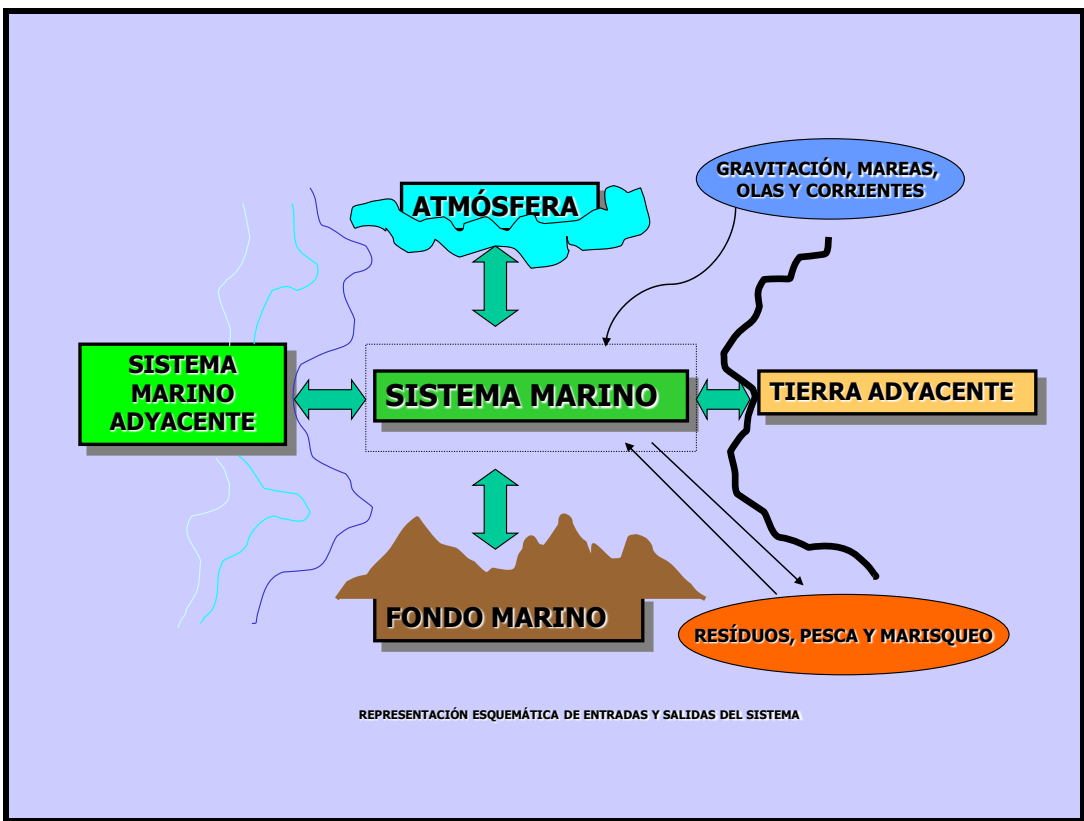
En términos muy generales, los metales pesados tóxicos presentes en la biota marina tienen diferentes procedencias, siendo el aporte por drenaje de las zonas emergidas continentales e insulares, los vertidos directos al mar de residuos urbanos e industriales, el aporte desde la atmósfera y la propia huella geológica submarina las principales referencias a tener en cuenta. La asimilabilidad y amplificación biológica a través de las redes tróficas marinas está regulada por multitud de factores abióticos y bióticos, como pH, salinidad, temperatura, dinámica marina, transporte biológico vertical, presencia de materia orgánica en suspensión, presencia de microorganismos, textura de los sedimentos, condiciones redox e interacciones con nutrientes, entre otros.

Dentro de estas propiedades, son de destacar las interferencias y sinergias existentes entre diversos metales, como pueden ser la reducción de la toxicidad de **Hg** en los peces en presencia de **Se**, el incremento tóxico del binomio **Cu – Zn** en peces, la reducción del efecto de **Zn** en algas en presencia de **Mn** o la potenciación de la toxicidad mercurial y cúprica en crustáceos en presencia de otros metales.

El Cuadro 1 presenta las principales vías de transmisión y amplificación de los contaminantes en el medio marino, y en el Cuadro 2 se esquematizan las principales vías de entrada y salida de los contaminantes en el medio ambiente marino.



Cuadro 1. Vías de transmisión y amplificación de contaminantes en el medio marino.



Cuadro 2. Entradas y salidas de contaminantes en ambientes marinos.

En cuanto a las concentraciones de los metales tóxicos y metales esenciales en el agua de mar normal tratados en la Tesis, se dan como representativas (Tabla 1), las siguientes:

Elemento	Símbolo	Concentración mg/L
Mercurio	Hg	0,00003
Plomo	Pb	0,003
Cadmio	Cd	0,04
Hierro	Fe	0,01
Cinc	Zn	0,01
Manganeso	Mn	0,002
Cromo	Cr	0,002
Cobre	Cu	0,003
Níquel	Ni	0,0005

Tabla 1. Elementos microconstituyentes del agua de mar.
(modificado parcialmente de ORR y MARSHALL, 1969).

I. 4. 1. 1. Consideraciones sobre las IDRs, PTWIs E IDAs.

Las recomendaciones de nutrientes (**RDAs** = Recommended Dietary Allowances o **IDR** = Ingestas Diarias Recomendadas) se definen como los niveles de ingesta de principios inmediatos, fibra, vitaminas y minerales que, según el criterio de los comités nacionales e internacionales, se establecen en base a los conocimientos científicos y que cubren las necesidades conocidas de prácticamente todas las personas sanas. Los valores de **IDR** se presentan en diferentes categorías en función de la edad, sexo, situación fisiológica (embarazo, lactancia, etc.). Los valores fijados de **IDR** son superiores normalmente a los verdaderos requerimientos nutricionales (Martínez, 1996). La **IDR** de cada uno de los metales estudiados es la siguiente: **Fe** (15 mg/día); **Cu** (1,5 – 3 mg/día); **Zn** (15 mg/día, varones y 12 mg/día, mujeres); **Mn** (2 – 5 mg/día) y **Cr** (50 – 200 µg/día), (National Research Council, 1991).

Por **IDA** o Ingesta Diaria Admisible (**ADI** = Acceptable Dietary Intake) se entiende la dosis diaria tolerable de una determinada sustancia, es decir, la cantidad que una persona puede tomar cada día durante toda la vida, sin que ello

le comporte problemas de salud. Las **IDAs** se calculan dividiendo el **NISEO** (Nivel Sin Efecto Observable en los animales de experimentación) por un factor de seguridad. Para calcular los porcentajes de las **IDAs** del **Hg**, **Pb** y **Cd**, nos basamos en las **PTWI** (Provisional Tolerable Weekly Intake o Ingesta Semanal Provisional Tolerable) fijadas por la **FAO/OMS (WHO, 1993)** y que corresponden a los niveles máximos de metales pesados de carácter tóxico que pueden ser ingeridos en los alimentos, por semana y que no originan problemas de salud durante toda la vida del individuo.

Las **PTWIs** para los metales tóxicos analizados son de 7 µg/kg/semana para el **Cd**, 25 µg/kg/semana para el **Pb** y 5 µg/kg peso corporal/semana para el **Hg** (FAO/WHO, 2005).

I. 4. 1. 2. Mercurio.

Se trata del único metal pesado líquido a temperatura ambiente y que también se encuentra en ese estado a $T = 0^{\circ} \text{C}$. Disuelve gran cantidad de metales, formando amalgamas, excepto con el **Fe**. Dentro del trío de metales tóxicos por excelencia en el medio marino: **Hg**, **Pb**, **Cd**, es el más peligroso de ellos.

Se utiliza desde la antigüedad por sus características curativas, conociéndose también su toxicidad desde entonces, y tratándose de un metal presente en la Litosfera, Hidrosfera, Atmósfera y Biosfera en cantidades exiguas su impacto ambiental se viene incrementando paulatina y constantemente por acción antrópica, aumentándose sus concentraciones en los ambientes, especies marinas y alimentos. Sus principales acciones sobre el organismo humano son de tipo neurotóxico, de afección gastrointestinal, de acción renal y de afección fetal. Se acumula principalmente en los riñones, y su relativa liposolubilidad permite su travesía de la barrera hematoencefálica, siendo los lisosomas y mitocondrias los lugares de acumulación celular, y valores que sobrepasen 3,5 µg/dL en sangre son tomados como indicadores de toxicidad.

El mercurio metálico se absorbe en forma de vapor a través de los alveolos pulmonares, y aunque no se absorbe por vía digestiva si lo hacen sus derivados inorgánicos (formas iónicas) en un 70% y las orgánicas en un 100%. La vida plasmática media del mercurio metálico se estima en 25 - 40 días, y la de sus

compuestos orgánicos en poco más de 70 días, eliminándose con dificultad por vía renal, principalmente, pero también a través de las lágrimas, saliva, sudor y bilis, siendo las heces y la vía biliar la principal salida de metilmercurio. El mercurio inorgánico presente en los sedimentos es fácilmente metilable, integrándose entonces en la red de amplificación biológica en un proceso de bioacumulación, que presenta evidente peligrosidad en animales marinos que se encuentren clasificados como alimentos humanos y bajo acción pesquera y marisquera.

En el Cuadro 3, se representa la clasificación de los compuestos mercuriales, así como el antídoto del mercurio inorgánico, conocido como BAL.

MERCURIO Y COMPUESTOS MERCURIALES.

1. Compuestos inorgánicos.

Mercurio metálico: Hg^0

Mercurio divalente (catión mercúrico): Hg^{2+}

Mercurio monovalente (catión mercurioso): Hg_2^{2+}

2. Compuestos orgánicos.

Arilmercuriales: $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{Hg}^+$ (fenilmercurio)

Alquilmercuriales: $\text{CH}_3 - \text{Hg}^+$ (metilmercurio)

$\text{CH}_3 - \text{Hg} - \text{CH}_3$ (dimetilmercurio)

Alcoxialquilmercuriales: $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Hg}^+$

(metoxietilmercurio)

Las formas inorgánicas son inhibidoras de enzimas muy activas, mientras que las orgánicas son neurotóxicas y mutagénicas, al unirse a grupos tiólicos (- SH), aminas, amidas y grupos carboxilos.

El BAL (British AntiLewisite) forma complejos estables con el catión mercúrico, permitiendo una terapia de detoxificación de los organismos intoxicados o envenenados.

Cuadro 3. Mercurio y compuestos mercuriales.

En el Cuadro 4, se muestra el mecanismo de metilación del mercurio en los lodos o sedimentos marinos.



Cuadro 4. Metilación del mercurio en los sedimentos marinos.

Datos publicados en 1976 por la **OMS** indican que prácticamente todo el mercurio presente en organismos acuáticos, tanto dulceacuícolas como marinos, se encuentra bajo la forma metilmercurio **CH₃ - Hg⁺**, que es la más tóxica y la de mayor afinidad química para su acumulación en tejidos vegetales y animales. Las algas han sido consideradas como excelentes bioindicadores de contaminación por sus características de no variar la composición interna metálica por variaciones temporalmente cortas de las características ambientales, pero sí hacerlo cuando dicha composición varía en términos temporales de medio a largo plazo (dentro de un ciclo biológico que en muchos casos no abarca más de un año), mientras que los moluscos bivalvos no pueden tener, generalmente y a no ser por condiciones de contaminación ambiental severas, concentraciones altas de metales por su relativamente cadena alimentaria corta y ciclos biológicos bastante cortos.

El Hg se encuentra en las aguas marina en concentraciones medias de 0,00003 mg/L, y en cuanto a contenidos de Hg en algas y moluscos bivalvos obtenidos por diferentes autores, tenemos, entre otros datos, los que se presentan en la Tabla 2:

Especie	Procedencia	[Hg] µg/g	Autores
Algas Feofitas	Tenerife	0,01 – 2,30	Lozano et alia, 1996
Algas Clorofitas	Tenerife	0,025 – 0,36	Lozano et alia, 1996
Algas Rodofitas	Tenerife	0,02 – 0,28	Lozano et alia, 1996
<i>Crassostrea angulata</i>	Galicia	160	Schumacher y Domingo, 1996
<i>Mytilus spp.</i>	Galicia	110 -250	Establier, 1973
<i>Mytilus spp. acuicultura</i>	Galicia	80 - 180	Establier, 1973
<i>Mytilus spp.</i>	Massachusetts	59 - 109	Salazar et alia, 1996
<i>Mytilus spp.</i>	Mediterráneo W	119 - 991	Bigas et alia, 2000
<i>Cerastoderma edule</i> conservas	Galicia	66,59 ± 23,53	Gutiérrez et alia, 2005
<i>Ensis spp.</i> conservas	Galicia	21,26 ± 12,24	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 2. Referencias de contenidos de Hg en algas y moluscos bivalvos.

I. 4. 1. 3. Plomo.

Es un metal pesado no esencial que puede presentar concentraciones relativamente elevadas en los organismos marinos, fundamentalmente en moluscos bivalvos y en peces. Esta presencia es debida a la entrada del metal y sus derivados en la biota marina como producto de la industria, siendo fácilmente fijado y amplificado mediante bioacumulación a través de las redes tróficas.

Una vez introducido en el organismo se distribuye de forma sistémica unido a la membrana y hemoglobina de los eritrocitos, fijándose en cerebro, riñón, hígado, músculos y tejido óseo. Interacciona con otros metales esenciales (**Fe, Ca, Zn, Cu**), compitiendo con ellos o modificando sus concentraciones, y desde el punto de vista fisiológico altera los microtúbulos respiratorios, inhibe el ATPasa sódico-potásico³ y prácticamente todos los enzimas respiratorios.

³ Seguimos la terminología bioquímica utilizada por Stryer (1988) y por Lehninger, Nelson y Cox (1995) que definen los enzimas como género masculino.

Sus efectos tóxicos agudos producen, entre otros perjuicios, dolor cólico, anemia hemolítica, incremento de enzimas hepáticas, neuropatías y encefalopatías agudas. En la masa de agua marina se encuentra en concentraciones normales de 0,003 – 0,20 mg/L, y en algas y moluscos bivalvos puede variar enormemente en función de ser referencias de áreas limpias o contaminadas, sirviendo de ejemplos los datos que se muestran en la Tabla 3:

Espece	Procedencia	[Pb] µg/g	Autores
Algas tropicales		10,0	Sivalingam, 1978
Algas Feofitas	Tenerife	2,09 – 81,79	Hardisson et alia, 1996
<i>Caulerpa taxifolia</i>	Mediterráneo NW	21,80	Gnassia-Barelli et alia, 1995
<i>Fucus spp.</i>	Mar de Irlanda zona contaminada	9,0	Preston et alia, 1972
<i>Enteromorpha spp.</i> *	Ayamonte	22,0	Stenner y Nickless, 1975
<i>Fucus spp.</i>	Bahía de Cádiz	13,0	Stenner y Nickless, 1975
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Vigo	2.870	Besada et alia, 2002
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Bilbao	1.570	Besada et alia, 2002
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Mar Tirreno	460 – 1.310	Conti y Ceccethi, 2003
<i>Perna viridis</i>	Hong Kong	1.170 ± 500	Wong et alia, 2000
<i>Ruditapes spp.</i>	Golfo de Omán	1.450	De Mora et alia, 2004
<i>Cerastoderma edule</i> conservas	Galicia	207,98 ± 103,50	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 3. Referencias de contenido de Pb en algas y moluscos bivalvos.

I. 4. 1. 4. Cadmio.

Elemento descubierto por Stromeyer en 1817 y descritos sus primeros efectos de intoxicación y envenenamiento por Sovet en 1858. Es un metal ampliamente representado en los ambientes terrestres y acuáticos, pero en concentraciones relativamente muy bajas.

Como mineral se encuentra bajo la forma de sulfuro de cadmio, asociado casi siempre con **Zn**. Esta asociación es potencialmente muy peligrosa al ser el **Zn** un elemento esencial para los sistemas biológicos (se potencia la actuación de **Cd**), variando la relación **Cd/Zn** entre 1/100 – 1/1000.

Las principales vías de absorción son la inhalatoria (25 – 50%) y la oral (\approx 10%), siendo la adsorción dérmica puramente testimonial. Su periodo de permanencia en el organismo humano es extraordinariamente largo, entre 10 y 40 años, fijándose fundamentalmente en el sistema renal. Su gran afinidad por los grupos tiólicos le da un activo efecto inhibidor de sistemas enzimáticos, siendo antagonista del **Zn** y afectando la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas.

Sus efectos nocivos se producen bajo dos formas de intoxicación, las agudas, con irritación del tracto digestivo, cefaleas, escalofríos, parálisis y depresión cardiovascular, una vez ha pasado al torrente sanguíneo; y las crónicas, que producen lesiones óseas características. En el medio acuático se encuentra como ión libre **Cd²⁺** en aguas dulces, y como compuestos clorados **CdCl⁺** y **CdClO** en las salobres y marinas, en concentraciones normales en torno a 0,1 $\mu\text{g/L}$.

Con respecto a valores de referencia en algas y moluscos bivalvos, la Tabla 4 recoge los datos obtenidos por diversos autores:

Espece	Procedencia	[Cd] $\mu\text{g/g}$	Autores
Algas Feofitas	Tenerife	0,19 – 5,13	Hardisson et alia, 1996
<i>Porphyra spp.</i>	Mar de Irlanda	0,05	Preston et alia, 1972
<i>Fucus spp.</i>	Mar de Irlanda zona contaminada	20,80	Preston et alia, 1972
<i>Enteromorpha spp.</i> *	Ayamonte	0,8	Stenner y Nickless, 1975
<i>Fucus spp.</i>	Bahía de Cádiz	1,7	Stenner y Nickless, 1975
<i>Caulerpa taxifolia</i>	Mediterráneo NW	0,038 – 0,188	Gnassia-Barelli et alia, 1995
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Vigo	630	Besada et alia, 2002
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Bilbao	1.910	Besada et alia, 2002
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Galicia	500	Saavedra et alia, 2004
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lago de Venecia	50 - 4540	Widdows et alia, 1997
Ostras	Golfo de Omán	3.680	De Mora et alia, 2004
Cerastoderma edule conservas	Galicia	73,45 \pm 20,74	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 4. Referencias de contenido de Cd en algas y moluscos bivalvos.

* El status taxonómico de *Enteromorpha* ha cambiado en la actualidad. Tras la publicación de Hayden et alia, 2003 (*European Journal of Phycology*. 38: 277-294) *Enteromorpha* y *Chloropelta* son sinonímias con *Ulva*.

I. 4. 2. Propiedades generales de los metales pesados esenciales.

En términos muy generales, se definen los metales pesados esenciales como aquellos cuyo déficit en el organismo provocan síntomas patológicos característicos. Según la clasificación de Reilly (1980), **Fe, Zn, Mn, Cr, Cu** y **Ni** se engloban en el grupo de *microconstituyentes esenciales para funciones orgánicas*, clasificándolos Guthrie (1986) como *microconstituyentes esenciales en nutrición humana*.

I. 4. 2. 1. Hierro.

Metal conocido desde los inicios de la humanidad y microconstituyente esencial de los seres vivos. La mayor parte de **Fe** presente en la especie humana se encuentra como catión ferroso, encontrándose como átomo central de la hemoglobina y también como importante constituyente de la mioglobina, siendo su carencia productora de la anemia ferropénica. Es un metal potencialmente tóxico en todas sus formas y por todas las rutas de exposición posibles, y su exceso (efecto hormético) produce diferentes patologías gastrointestinales, cardiovasculares y neurológicas fundamentadas en la paralización de la producción de ATP en aerobiosis o en incremento de la la actividad de producción de anilina-hidroxilasa y de tirosina amino-transferasa.

En la masa de agua marina se encuentra en concentraciones normales de 0,01 µg/L, y en cuanto a moluscos bivalvos la bibliografía muestra valores muy discordantes (Tabla 5):

Espece	Procedencia	[Fe] µg/g	Autores
<i>Crassostrea iridicens</i>	Golfo de California	2560 ± 1990	Soto-Jiménez et alia, 2001
<i>Ruditapes spp.</i>	Golfo de Omán	517	De Mora et alia, 2004
<i>Pinctada mazatlanica</i>	Golfo de Omán	271	De Mora et alia, 2004
<i>Crassostrea spp.</i>	Golfo de Omán	164	De Mora et alia, 2004
<i>Cerastoderma edule</i> conservas	Galicia	136,52 ± 66,51	Gutiérrez et alia, 2005
<i>Ensis spp.</i> conservas	Galicia	36,91 ± 19,19	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 5. Referencias de contenido de Fe en moluscos bivalvos.

Boyden (1974) y Bryan (1976) demostraron que las concentraciones de **Fe**, lo mismo que las de **Pb**, **Cu**, y **Zn**, descienden con el incremento de edad y talla de los ejemplares, manteniéndose más o menos constantes los de **Ni** y **Cd**. Las Ingestas Diarias Recomendadas **IDR**⁴ son valores de referencia que definen las necesidades de las personas sanas respecto a la ingesta de principios inmediatos, fibra, vitaminas y minerales, teniendo en cuenta las variables de edad, sexo y estado fisiológico, y en el caso del **Fe** está establecida en 15 mg/día.

I. 4. 2. 2. Zinc.

Elemento ampliamente distribuido en la naturaleza, pero en mínima representación (0,0125% de la corteza terrestre). Es elemento esencial por ser cofactor de muchos enzimas como fosfatasa alcalina, aldolasa, alcohol-deshidrogenasa y láctico-deshidrogenasa, entre otras. Es también muy importante su asociación con insulina, ya que en enfermos diabéticos se dan concentraciones pancreáticas de **Zn** ≈ 50% menores que en personas sanas.

En la masa de agua marina se encuentra en concentraciones normales de 0,01 µg/L, y en moluscos bivalvos presenta concentraciones variables, tal y como se muestra en la Tabla 6:

⁴ RDAs = Recommended Dietary Allowances

Espece	Procedencia	[Zn] µg/g	Autores
<i>Perna viridis</i>	Malasia	102,6	Yap et alia, 2003
<i>Saccostrea cucullata</i>	Hong Kong	332	Blackmore, 2001
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Vigo	301	Besada et alia, 2002
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Bilbao	462	Besada et alia, 2002
<i>Mytilus spp. salvajes</i>	Hong Kong	90 ± 13,5	Wong et alia, 2000
Cerastoderma edule conservas	Galicia	15,14 ± 7,73	Gutiérrez et alia, 2005
Ensis spp. conservas	Galicia	32,67 ± 12,62	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 6. Referencias de contenido de Zn en moluscos bivalvos.

Strömgren (1982) refiere que el incremento de concentración de este metal implica un descenso en el ritmo de crecimiento de los mejillones. Los niveles normalmente tóxicos en bivalvos son muy variables, oscilando entre 100 - 1000 µg/g, siendo la DL₅₀ ≈ 320 µg/L. El **Zn** es antagónico con **Cd** y con **Hg**, ya que en presencia de los dos últimos se reduce la toxicidad del primero.

I. 4. 2. 3. Manganeso.

Elemento descubierto por Gahn en 1774 y constitutivo de la corteza terrestre en un 0,095%, en peso, lo que le da la característica de muy abundante. Entre sus combinaciones destacan los óxidos, silicatos y carbonatos, y en zonas determinadas de fondos oceánicos se encuentran nódulos de óxidos hidratados de **Mn** con riqueza del metal ≈ 25%.

Es el elemento menos tóxico de los considerados en esta memoria de Tesis, siendo esencial para el tejido conectivo y óseo, en el crecimiento y en el metabolismo de lípidos y carbohidratos al actuar como cofactor de piruvatocarboxilasa, arginasa y fosfatasas. En humanos, la exposición aguda provoca metahemoglobinemia por permanganato, neumonitis y manganismo, produciéndose alteraciones del sistema nervioso y una sintomatología neurotóxica posterior muy parecida al parkinsonismo.

En la masa de agua oceánica suele tener concentraciones típicamente anecdóticas, del orden 0,002 µg/L, y en moluscos bivalvo hemos recopilados los siguientes datos (Tabla 7):

Especie	Procedencia	[Mn] µg/g	Autores
<i>Ruditapes spp.</i>	Golfo de Omán	17,7	De Mora et alia. 2004
<i>Pinctada mazatlanica</i>	Golfo de Omán	4,31	De Mora et alia, 2004
<i>Crassostrea spp.</i>	Golfo de Omán	7,11	De Mora et alia, 2004
<i>Crassostrea spp.</i>	Golfo de California	18,7 ± 7,7	Soto-Jiménez et alia, 2001
<i>Cerastoderma edule</i> conservas	Galicia	3,25 ± 2,97	Gutiérrez et alia, 2005
<i>Ensis spp.</i> conservas	Galicia	1,56 ± 2,07	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 7. Referencias de contenido de Mn en moluscos bivalvos.

La DL₅₀ se alcanza, en bivalvos, con concentraciones de 23000 µg/L, lo cual da a entender que la principal vía de entrada es la alimenticia.

I. 4. 2. 4. Cromo.

Es un metal de amplia utilización industrial y, además, se encuentra en proporciones notables en los combustibles fósiles, cuestión que hace que se liberen en grandes cantidades con su combustión. Sus compuestos se encuentran entre los más tóxicos desde el punto de vista ambiental, provocando efectos carcinógenos y mutagénicos.

En las aguas marinas y oceánicas sus concentraciones normales oscilan entre 0,02 µg/L en superficie y 0,15 µg/L en profundidad, aunque hay autores que amplían este rango hasta 0,002 – 0,55 µg/L.

El **Cr** trivalente es esencial, jugando un papel importante en el metabolismo de la glucosa, actuando como cofactor de la acción de la insulina, y su carencia se asocia a la instauración de la diabetes y a enfermedades cardiovasculares en la madurez. El **Cr** hexavalente produce incremento de cáncer de pulmón por su unión a los ácidos nucleicos, inhibición de la función respiratoria y daños en el ADN.

En moluscos se fija de forma diferente en función de ser trivalente o hexavalente: **Cr (III)**: Manto < Músculo < Pie < Gónadas < Bránquias < Hepatopáncreas < Biso.

Cr (IV): Bránquias < Músculo < Gónadas < Hepatopáncreas < Pie
< Biso.

Como referencias de su contenido, tenemos los datos que se presentan en la Tabla 8:

Especie	Procedencia	[Cr] µg/g	Autores
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lago de Venecia	0,37 – 20,38	Widdows et alia, 1997
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Galicia	0,50	Saavedra et alia, 2004
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Hong Kong	1,09 ± 3,30	Wong et alia, 2000
<i>Pinctada mazatlanica</i>	Golfo de Omán	0,79	De Mora et alia, 2004
<i>Ruditapes spp.</i>	Golfo de Omán	0,97	De Mora et alia, 2004
<i>Crassostrea spp.</i>	Golfo de California	0,99 ± 0,31	Soto-Jiménez et alia, 2001
Cerastoderma edule conservas	Galicia	1,92 ± 0,80	Gutiérrez et alia, 2005
Ensis spp. conservas	Galicia	1,70 ± 0,89	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 8. Referencias de contenido de Cr en moluscos bivalvos.

I. 4. 2. 5. Cobre.

Oligoelemento dinámico de suma importancia al formar parte de numerosos sistemas enzimáticos, especialmente en los invertebrados al constituir el núcleo de la hemocianina, pigmento respiratorio de moluscos y crustáceos. El hombre lo adquiere principalmente por vía alimenticia, y circula por el torrente sanguíneo ligado a la albúmina y ceruloplasmina.

Desde el punto de vista toxicológico, el mayor número de intoxicaciones alimentarias debidas a este metal se producen por la presencia de ptomaínas (toxinas microbianas) y antiguamente por recipientes para cocinar de cobre mal estañados. En el agua marina se encuentra en concentraciones normales de 0,003 – 1,0 µg/L, aunque hay autores que elevan dicha normalidad hasta máximo de 10 µg/L.

Respecto a referencias en moluscos bivalvos, tenemos las que se muestran en la Tabla 9:

Espece	Procedencia	[Cu] µg/g	Autores
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Mar Tirreno	5,51 – 11,50	Conti y Ceccethi, 2003
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Lago de Venecia	5,08 – 20,80	Widdows et alia, 1997
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Costas de Galicia	5,0	Saavedra et alia, 2004
<i>Mytilus edulis</i>	China Wheihai	2,52	Liang et alia, 2004
<i>Ruditapes phillippinarum</i>	China Wheihai	1,79	Liang et alia, 2004
<i>Crassostrea talienwhanensis</i>	China Wheihai	27,1	Liang et alia, 2004
<i>Cerastoderma edule</i> conservas	Galicia	1,40 ± 2,12	Gutiérrez et alia, 2005
<i>Ensis spp.</i> conservas	Galicia	2,13 ± 2,80	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 9. Referencias de contenido de Cu en moluscos bivalvos.

Watling (1983) cita que una concentración de 40 µg/L de **Cu** reduce el poblamiento de la ostra portuguesa al 50%, y Chang (1996) reduce este valor a un rango entre 5 – 15 µg/L. Uno de los principales problemas del **Cu** es su facilidad para interaccionar con otros metales, como es el caso **Cu – Zn**, que es de tipo tóxico; o de tipo antagonista como **Cu – Hg**.

I. 4. 2. 6. Níquel.

Es un oligoelemento que se encuentra en la corteza terrestre en una concentración media de 75 mg/kg. Es un elemento esencial para los animales, pero en menor importancia para el hombre, aunque sí está avalada su participación en algunos enzimas como ureasa, en la activación de hormonas y en la estabilidad de diferentes macromoléculas y del metabolismo, en general.

La adquisición de **Ni** por vía oral se cifra en un 10% del total posible, siendo la respiratoria y dérmica las más importantes, y sus efectos tóxicos se producen por interacción con los fosfolípidos de membrana, incrementando la peroxidación

lipídica y alterando la conformación de macromoléculas. Además, se compleja con ADN y ARN y sus enzimas reguladores.

La intoxicación local provoca asma, irritación pulmonar y neumoconiosis (vía inhalatoria), y si es dérmica, dermatitis. La intoxicación sistémica da como resultado eritrocitosis, retraso del crecimiento, hiperglucemia y degeneraciones orgánicas importantes en corazón, cerebro, pulmones, hígado y riñones.

En el medio marino se encuentra en concentraciones dispares, según los autores; desde mínimos de 0,0005 hasta máximos de 6 µg/L, citando FAO valores incluso mayores, y en moluscos bivalvos se citan, entre otros, los que se presentan en la Tabla 10:

Especie	Procedencia	[Ni] µg/g	Autores
<i>Pinctada mazatlanica</i>	Golfo de Omán	0,88	De Mora et alia, 2004.
<i>Crassostrea spp.</i>	Mar de Arabia	7,08 ± 1,57	Al Madfa et alia, 1998
<i>Crassostrea talienwhanensis</i>	China Wheihai	0,11	Liang et alia, 2004
<i>Ruditapes phillipinarum</i>	China Wheihai	1,63	Liang et alia, 2004
<i>Mytilus edulis</i>	China Wheihai	0,25	Liang et alia, 2004
Cerastoderma edule conservas	Galicia	1,04 ± 2,12	Gutiérrez et alia, 2005
Ensis spp. conservas	Galicia	2,13 ± 2,80	Gutiérrez et alia, 2005

Tabla 10. Referencias de contenido de Cu en moluscos bivalvos.

I. 4. 3. Algas.

En la actualidad no existe legislación española ni europea específica sobre contenido máximo de metales en algas marinas al no ser consideradas dentro del grupo de alimentos, tomándose como valores de referencia los citados como “normales” por diferentes autores, que se recogen en la Tabla 11:

Metal	“Normalidad” µg/g ps	Valor medio Tenerife ps	Rango Mín – Máx.	Tipo de alga
Pb	2,0 - 10	11,8	2,20 – 86,1	Feofitas
Cd	1,0 – 2,0	1,18	0,20 – 5,40	Feofitas
Fe	100 - 200	153,3	17,0 - 1786	Feofitas
Zn	15 - 65	17,3	7,6 – 54,0	Feofitas
Cu	1,5 – 6,0	2,2	0,70 – 7,40	Feofitas
Hg	0,02 – 4,5 ph	0,146 ph	0,01 – 2,30 ph	Feofitas
		0,121 ph	0,025 – 0,360 ph	Clorofitas
		0,107 ph	0,018 – 0,280 ph	Rodofitas

Tabla 11. Valores de “normalidad” y valores encontrados en algas de Tenerife.

I. 4. 4. Alimentos marinos.

En el caso de alimentos marinos, por el contrario, es amplísima la legislación emanada en España y Unión Europea sobre contenido máximo de metales pesados, métodos de muestreo y análisis. Existen, como antecedentes próximos lejanos de interés, la reglamentación específica española contenida en el BOE nº 195, de 13 de agosto de 1991⁵, que en su artículo 2º 2.2. refiere como límite máximo de contenido en metales pesados en la parte comestible, expresados en peso húmedo, para los moluscos bivalvos y gasterópodos en todas sus presentaciones:

Cd	1 ppm ⁶
Cu	20 ppm (*)
Hg	1 ppm
Pb	5 ppm
Sn	250 ppm (**)
	(*) 60 ppm para ostra y coquina.
	(**) conservas.

5 Orden de 2 de agosto de 1991 por la que se aprueban las normas microbiológicas, los límites de contenido en metales pesados y los métodos analíticos para la determinación de metales pesados para los productos de la pesca y de la acuicultura. BOE nº 195, de 15 de agosto de 1991, 27153-27155.

6 Actualmente se aconseja no utilizar la unidad **ppm**, sustituyendo por la más adecuada de **mg/kg** o **µg/g**.

y el Real Decreto 256/2003, de 28 de febrero (BOE nº 52, de 1 de marzo, 8258-8261) por el que se fijan los métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial del contenido máximo de plomo, cadmio, mercurio y 3-monocloropropano-1,2 diol en los productos alimenticios.

I. 4. 5. Legislación Comunitaria.

Entre los años 2001 y 2008 se ha promulgado una importante lista de legislación por parte de la Comunidad Europea, en casos modificando parcialmente a la anterior o anteriores (trasposición normativa) y en otros cambiando totalmente la anterior. A efectos prácticos de consideración en el caso de los moluscos bivalvos, grupo al que pertenecen el mejillón y la zamburiña, son tres Reglamentos (CE) los que actualmente tienen aplicación inmediata, los tres últimos de la lista siguiente:

Reglamento (CE) nº 466/2001, de 8 de marzo de 2001

Reglamento (CE) nº 221/2002, de 6 de febrero de 2002

Reglamento (CE) nº 78/2005, de 19 de enero de 2005

Reglamento (CE) nº 1881/2006, de 19 de diciembre de 2006

Reglamento (CE) nº 333/2007, de 28 de marzo de 2007

Reglamento (CE) nº 629/2008, de 2 de julio de 2008

siendo los nº 1881/2006 y 629/2008 los que marcan los contenidos máximos metálicos y el nº 333/2007 el que refiere los métodos de muestreo y técnicas analíticas de determinación de las concentraciones.

Actualmente, los moluscos bivalvos están referidos, dentro de los alimentos marinos, con los contenidos máximos permitidos siguientes:

Pb	1,5 mg/kg en peso húmedo. Este valor es el correspondiente al Reglamento (CE) nº 188/2006, de 19 de diciembre de 2006, que se “asume” directamente al no citarlo expresamente el nuevo texto de 2008.
Cd	1,0 mg/kg en peso húmedo. Reglamento (CE) nº 629/2008, de 2 de julio de 2008.
Hg	no hay referencia específica para moluscos bivalvos, siendo la

	correspondiente a los productos de la pesca y carne de pescado del Reglamento (CE) nº 188/2006, de 19 de diciembre de 2006, 0,5 mg/kg en peso húmedo, la que se “asume” directamente al no citarlo expresamente el texto de 2008.
--	--

Tabla 12 . Concentraciones máximas de metales pesados tóxicos en moluscos bivalvos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS.

Aunque se hace expresa indicación en cada uno de los artículos originales de los métodos de muestreo biológico, preparación y lectura de muestras analíticas, obtención de resultados, discusión y conclusiones, es conveniente y obligado hacer un preámbulo general conjunto sobre la metodología utilizada.

II. 1. Material biológico.

II. 1. 1. Algas: las especies fueron elegidas tomando como base de su selección que fueran abundantes en la mayoría de las estaciones de muestreo y representativas de su área de estudio, que fueran fácilmente reconocibles y colectables y que no tuviesen epífitos que pudieran enmascarar los resultados obtenidos de contenido metálico. En total se eligieron siete especies de algas pardas (*Phaophyta*)⁷, que la bibliografía remarca como excelentes bioindicadores de mineralización e impacto antrópico por su tendencia a acumular metales en sus tejidos, con un total de 93 muestras:

Cystoseira abies marina

Cystoseira discors

Cystoseira compressa

Cystoseira humilis

Fucus spiralis

Sargassum vulgare

Padina pavonica

El tiempo transcurrido entre el año de remisión del artículo para su publicación (2002), su publicación (2003) y el actual momento de presentación de la Tesis ha significado el cambio en la asignación nomenclatorial ***Cystoseira discors*** por ***Cystoseira foeniculacea***, quedando la anterior lista actualizada como:

Cystoseira abies marina (S.G. Gmelin) C. Agardh 1820

Cystoseira foeniculacea (Linnaeus) Greville 1830

Cystoseira compressa (Esper) Gerloff et Nizamuddin 1975

⁷ Todas las especies fueron confirmadas por profesores de Botánica del Dpto. de Biología Vegetal de la ULL.

Cystoseira humilis Schousboe ex Kützing 1860

Fucus spiralis Linnaeus 1753

Sargassum vulgare C. Agardh 1820

Padina pavonica (Linnaeus) Thivy in W.R. Taylor 1960

La recolección se realizó siempre en marea baja y en seis localidades a lo largo de toda la costa de Tenerife, que son las tradicionales utilizadas en estudios anteriores (Puertito de Güimar, La Tejita, Punta Barbero, Caleta de Interián, Garachico y Punta del Hidalgo, Figura 1), durante un periodo de muestreo de quince meses (octubre de 1994 – diciembre de 1995), arrancando todos los ejemplares con su base de sujeción al sustrato para perfecta clasificación y posterior determinación de los parámetros biométricos. Una vez arrancadas se introdujeron individualmente en bolsas plásticas herméticas y en baño de agua de mar, fueron almacenadas en bidones de plástico conteniendo agua de mar y trasladadas al laboratorio en un plazo no mayor a dos - tres horas, pasando entonces a mantenimiento en nevera ($T = 3^{\circ} - 5^{\circ} C$) hasta su estudio y tratamiento en laboratorio dentro de las 24 horas siguientes, cuestión que evita la ruptura celular y la pérdida potencial de contenido intracelular.

Las Fotos 1 a 7 muestran a las algas de nuestro estudio, y la Figura 1 presenta un mapa de la isla de Tenerife con las localidades de muestreo. La Tabla 13 recoge la presencia de especies y el número de muestras por localidad de muestreo.



Foto 1. *Cystoseira abies marina*.



Foto 2. *Cystoseira compressa*.



Foto 3. *Cystoseira humilis*.



Foto 4. *Cystoseira foeniculacea*.

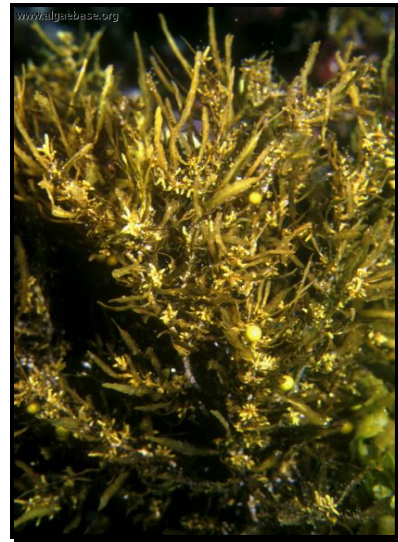


Foto 5. *Sargassum vulgare*.



Foto 6. *Fucus spiralis*.



Foto 7. *Padina pavonica*.



Figura 1. Localidades de muestreo de algas en Tenerife.
(Lozano et alia, 2003 - Google Earth 2010).

<i>Especie</i>	Puertito de Güimar	La Tejita	Punta Barbero	Caleta de Interián	Garachico	Punta del Hidalgo	Σ
<i>C. abies marina</i>	+ 2	+ 4	+ 4	+ 5	+ 1	+ 5	21
<i>C. foeniculacea</i>	+ 4	+ 2	+ 3	+ 2	+ 1	+ 3	15
<i>C. compressa</i>	+ 3	+ 4	+ 4	-	-	+ 6	17
<i>C. humilis</i>	+ 2	+ 1	+ 3	+ 3	-	+ 3	12
<i>F. spiralis</i>	-	+ 4	-	+ 3	-	-	7
<i>S. vulgare</i>	+ 4	+ 2	-	+ 4	-	+ 5	15
<i>P. pavonica</i>	+ 2	+ 1	+ 2	-	-	+ 1	6

Tabla 13. Presencia de especies y nº de muestras por localidad de muestreo.

II. 1. 2. Moluscos enlatados. Las muestras de moluscos enlatados, de procedencia gallega, fueron obtenidas mediante compra en diversos establecimientos de alimentación en la isla de Tenerife a lo largo de un año de estudio.

El mejillón objeto de estudio, perteneciente a la especie *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 y conocido en España como mejillón mediterráneo, mejillón rubio y mejillón francés, es una especie mediterránea y atlántica típicamente invasora que ha desplazado casi totalmente al mejillón común *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) en el Cantábrico y costas gallegas, debido fundamentalmente a su introducción como especie de interés acuicultor. La Foto 8 muestra la morfología del mejillón.



Foto 8. Morfología de *Mytilus galloprovincialis*

La tendencia de los mejillones a acumular metales está relacionada con sus tallas y pesos y puede reflejar localmente la concentración de varios metales y toxinas, y esto está comprobado científicamente al mostrar una capacidad de concentración de contaminantes muy importante (varios órdenes de magnitud) desde el agua de mar, lo cual les engloba en el concepto de bioindicadores. En las Islas Canarias no existen poblaciones salvajes ni de producción de acuicultura de especies del género *Mytilus*⁸, pero el consumo en fresco y en conservas de importación es frecuente e importante entre la población isleña, conformando una de las principales aportaciones a la dieta de productos marinos.

⁸ En las Islas Canarias está presente el llamado mejillón canario, *Perna perna*, únicamente en zonas norte de algunas islas en áreas de afloramiento. Es de peor calidad, pero hay actualmente experiencias para poner a dicha especie en producción de acuicultura.



Foto 9. Detalle de mejillones en escabeche.



Foto 10. Detalle de mejillones al natural.



Foto 11. Detalle de mejillones en salsa de vieira.

La zamburiña, perteneciente en el momento de publicación del trabajo a la especie *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758), está actualmente reconocida como *Mimachlamys varia* (Linnaeus, 1758)⁹, siendo especie mediterránea y atlántica (Fotos 12 y 13). De igual forma que en el caso del mejillón, no se encuentra ni salvaje ni en producción acuicultora en el archipiélago canario, pero conforma también un importante aporte alimenticio a la población por su presencia en conservas, fundamentalmente.

Se estudiaron un total de 600 muestras de mejillón pertenecientes a seis marcas comerciales (denominadas **A - F**) y cuatro formas diferentes de presentación (líquidos de cobertura)¹⁰: **escabeche; salsa de vieira; al natural y bionature** (agua + sal + fibra vegetal), de amplio consumo en el Archipiélago Canario y península ibérica, y las zamburiñas comprendieron un total de 204 muestras de siete marcas diferentes (**A, B, D, H, J, L, M**), todas con la misma presentación de **salsa de tomate**. Lo mismo que en el caso del mejillón, se trata de marcas de amplia difusión y consumo local y nacional (Tablas 14 y 15).

9 WoRMS World Register of Marine Species 2010).

10 Escabeche = Pickled sauce; Salsa de Vieira = Coquille St. Jacques sauce; Natural = Nature; Bionature = Bionature.

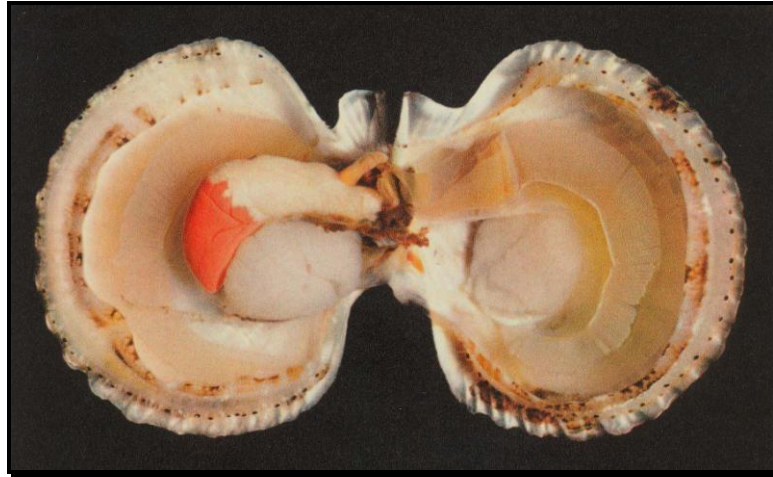


Foto 12. Anatomía interna de *Mimachlamys varia*.
(Tomado de Cox et alia, 1957).

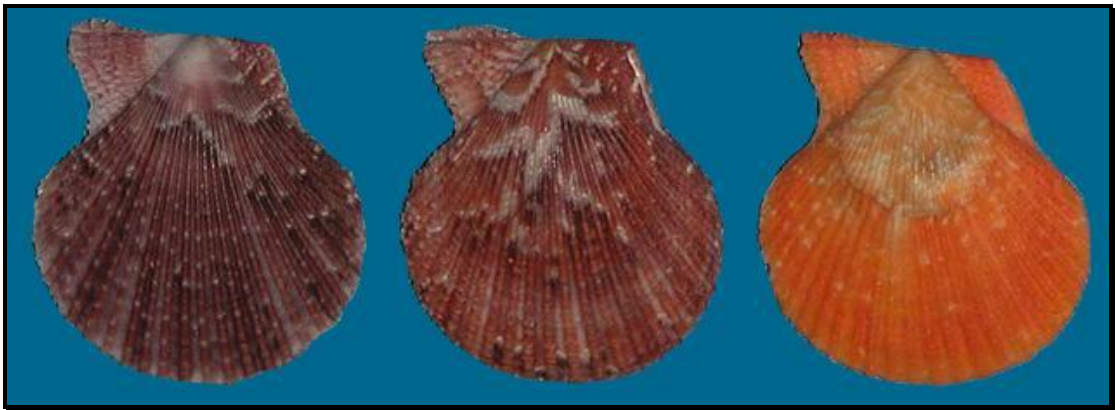


Foto 13. Variedades de tonalidad de valvas de *Mimachlamys varia*.
(Tomado de WoRMS World Register of Marine Species 2010).



Foto 14. Detalle de zamburiñas en salsa.

Clave	Marca	Especie de estudio	Metal estudiado
A	ESCURIS	Mejillón	Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni
B	CALVO	Mejillón	Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni
C	EUREKA	Mejillón	Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni
D	MIAU	Mejillón	Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni
E	FRISCOS	Mejillón	Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni
F	ISABEL	Mejillón	Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni

Tabla 14. Marcas comerciales de conservas de mejillón.

Clave	Marca	Especie de estudio	Metal estudiado
A	ESCURIS	Zamburiña	Hg, Pb, Cd
B	CALVO	Zamburiña	Hg, Pb, Cd
D	MIAU	Zamburiña	Hg, Pb, Cd
H	ALBO	Zamburiña	Hg, Pb, Cd
J	JAVIMAR	Zamburiña	Hg, Pb, Cd
L	RIANXEIRA	Zamburiña	Hg, Pb, Cd
M	PESCAMAR	Zamburiña	Hg, Pb, Cd

Tabla 15. Marcas comerciales de conservas de zamburiña.

II. 2. Preparación de muestras analíticas.

II. 2. 1. Algas. Tras un proceso de perfecta homogeneización de cada muestra específica, se tomaron 25 g y se introdujeron en una estufa de laboratorio a +105° C durante 24 h, eliminando toda la humedad hasta llegar a peso constante, siendo posteriormente machacada y reducida a polvo la materia seca. Este polvo se introdujo en pocillos de porcelana refractarios y se trataron en un horno - mufla hasta la total destrucción de la materia orgánica en un proceso de no menos de 8 - 10 horas, alcanzando una temperatura de +450° ± 25° C (incremento de ≈ 50° C/hora) hasta lograr cenizas blancas.

Las cenizas se trataron con 15 mL de HCl (Merck AAS certificado), y la solución resultante fue utilizada directamente en la determinación de metales mediante espectrofotometría de absorción atómica.

II. 2. 2. Moluscos. Se aplicaron diferentes métodos de preparación en función de la especie (mejillón o zamburiña) y metal a determinar.

En el caso de los **mejillones** se realizó, en primer lugar, una homogeneización de todos los ejemplares de cada envase para lograr un peso mínimo adecuado de muestra, que fue de ≈ 32 g, aplicando entonces diferente técnica para el mercurio, por un lado, y para el plomo, cadmio y metales esenciales, por otro.

Hg: Se tomaron tres submuestras de 0,5 g, se introdujeron en reactores de teflón con 10 mL de HNO₃ concentrado (Merck, AAS certificado) y se trataron en un microondas durante 20 minutos hasta total digestión. Se enfriaron a temperatura ambiente y se aforaron a 50 mL con H₂O bidestilada y desionizada.

Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni: Se tomaron tres submuestras de 10 g en pocillos o crisoles de porcelana refractaria y se llevaron a peso constante mediante calentamiento en una placa hasta + 80° - 105° C, pasando después a un horno - mufla para la obtención de cenizas blancas, aplicando una temperatura máxima de + 450° C ± 25° C (+ 50° C/hora), hecho que se logra en un periodo de 8 – 10 horas. Se dejan enfriar los crisoles a temperatura ambiente y se adiciona, posteriormente, 1 mL de HNO₃ 0,6% (Merck, AAS certificado), agitando cuidadosamente para la perfecta dilución, aforando más tarde a 50 mL con H₂O bidestilada y desionizada.

Con la **zamburiña** se realizó también una homogenización de los ejemplares de cada envase para obtener no menos de 10 g para cada muestra.

Hg: Se tomaron tres submuestras de 5 g, adicionando 10 mL de HNO₃ concentrado (Merck, AAS certificado), 5 mL de agente antiespumante y 0,05 g de V₂O₅ (catalizador), calentado a + 40° – 45° C en una placa térmica durante 15 minutos y adicionando después 15 mL de H₂SO₄ concentrado (Merck, AAS certificado), calentando nuevamente a + 40° – 45° C otros 15 minutos.

Las muestras se enfriaron a temperatura ambiente y se aforaron a 100 mL con H₂O bidestilada y desionizada.

Pb y Cd: Se tomaron tres submuestras de 10 g, que fueron llevadas a peso constante mediante calentamiento en una placa calefactora a + 80° - 105° C, pasando posteriormente los crisoles a un horno - mufla hasta alcanzar una temperatura máxima de + 450° C ± 25° C (+ 50° C/hora), hasta obtención de cenizas blancas. Una vez enfriados a temperatura ambiente se adicionó en cada uno de ellos 1 mL de de HNO₃ 0,6% (Merck, AAS certificado), agitando y aforando después a 50 mL con H₂O bidestilada y desionizada. La Tabla 16 presenta los valores medios de peso seco (g), porcentaje de humedad y peso de cenizas (g) de todas las muestras de mejillón y de zamburiña.

Especie	N	Peso seco g	% H	Peso cenizas g
Mejillón	600	3,24 ± 0,24	67,60 ± 2,40	0,19 ± 0,07
Zamburiña	204	3,04 ± 0,26	69,55 ± 2,58	0,21 ± 0,08

Tabla 16. Valores de peso seco, humedad y cenizas.

II. 3. Lectura de muestras analíticas.

La lectura y determinación de las muestras se realizó mediante las siguientes técnicas y equipos:

Algas.

Pb y Cd: Espectrofotómetro de Absorción Atómica 4100 ZL Zeeman, Perkin Elmer, con cámara de grafito 4100 ZL y muestreador automático AS 70 (Foto 16).

Mejillones.

Hg: Espectrofotómetro de Absorción Atómica 4100 ZL Zeeman, Perkin Elmer, con generador de hidruros, sistema de inyección FIAS 400 y muestreador automático AS 90 (Foto 15).

Pb y Cd: Espectrofotómetro de Absorción Atómica 4100 ZL Zeeman, Perkin Elmer, con cámara de grafito 4100 ZL y muestreador automático AS 70 (Foto 16).

Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni: Espectrofotómetro de Emisión Atómica AtomScan 25, Thermo Jarell, de plasma acoplado inductivamente (Foto 17).

Zamburiñas.

Hg: Espectrofotómetro de Absorción Atómica 4100 ZL Zeeman, Perkin Elmer, con generador de hidruros, sistema de inyección FIAS 400 y muestreador automático AS 90 (Foto 15).

Pb y Cd: Espectrofotómetro de Absorción Atómica 4100 ZL Zeeman, Perkin Elmer, con cámara de grafito 4100 ZL y muestreador automático AS 70 (Foto 16).

II. 3. 1. Estudio de recuperación metálica y validación.

Para el control de los valores **B.C.R**¹¹ y validación de las técnicas de lectura y determinación de los metales se usaron los siguientes materiales certificados de referencia:

CRM 279 *Ulva lactuca* para **Pb** y **Cd** en algas.
NBS SRH 1577 a **hígado de bovino** para **Pb** en mejillón y zamburiña.
BCR-278 R **tejido de mejillón** para **Hg, Pb, Cd, Fe, Zn, Mn, Cr** y **Cu** en mejillón y **Hg, Pb** y **Cd** en zamburiña.
BCR CRM 184 **músculo de bovino** para **Cd** en mejillón y zamburiña.
BCR-442 **músculo de bacalao** para **Cu** en mejillón.
BCR-414 **plancton** para **Ni** en mejillón.

¹¹ **B.C.R** es Community Bureau of Reference, actualmente **I.R.M.M** Institute of Reference Materials and Measurements.

Todos los resultados del estudio de recuperación estuvieron en consonancia extrema con los valores de referencia, demostrando la idoneidad de aplicación de la metodología.

Los valores obtenidos en el caso de las algas, no contemplados en la Tabla 17, oscilaron en todos los casos entre un mínimo de 98% y máximo de 102% respecto a los valores de referencia.

Metal	Reference material	Mean concentrations (µg/kg wet weight) ^a	Certified values (µg/kg wet weight)	Method ^b
Pb	NBS SRH 1577a bovine liver	135 ± 15	135 ± 15	ET-AAS
Pb	BCR-278 R mussel tissue	2,000 ± 40	1,970 ± 70	ET-AAS
Cd	BCR-278 R mussel tissue	348 ± 7	347 ± 8	ET-AAS
Cd	BCR CRM 184 bovine muscle	12 ± 1	13 ± 2	ET-AAS
Hg	BCR-278 R mussel tissue	196 ± 9	195 ± 10	CV-AAS
Cr	BCR-278 R mussel tissue	780 ± 60	760 ± 40	ICP-AES
Cu	BCR-278 R mussel tissue	9,450 ± 130	9,390 ± 100	ICP-AES
Cu	BCR-442 cod muscle	1,050 ± 70	1,050 ± 80	ICP-AES
Fe	BCR-278 R mussel tissue	5,460 ± 300	5,460 ± 300	ICP-AES
Mn	BCR-278 R mussel tissue	7,690 ± 230	7,690 ± 220	ICP-AES
Zn	BCR-278 R mussel tissue	8,310 ± 1,700	8,280 ± 1,000	ICP-AES
Ni	BCR-414 plankton	18,800 ± 800	18,800 ± 600	ICP-AES

^a n = 11.
^b ET-AAS, electrothermal atomic absorption spectrophotometry; CV-AAS, cold vapor atomic absorption spectrophotometry; ICP-AES, inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometry.

Tabla 17. Estudio de recuperación metálica.



Foto 15. Espectrofotómetro de absorción atómica de llama.



Foto 16. Espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito.



Foto 17. Espectrofotómetro de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente



Foto 18. Horno – mufla para incineración de muestras.



Foto 19. Baño de arena para calentamiento de muestras.

II. 3. 2. Estudio estadístico.

Algas. Se utilizó ANOVA (análisis no paramétrico de varianza) por el método Kruskal-Wallis para evaluar la significación estadística. Una probabilidad de 0,05 o menor se consideró como significativa.

Moluscos.

Mejillón. Los resultados fueron analizados para determinación de normalidad con el modelo de Kolmogorov-Smirnov y para homogeneidad de varianza con el test de Levene. Cuando no existía normalidad, fueron empleados el test de Kruskal-Wallis y el de Mann-Whitney. Los datos normalmente distribuidos fueron analizados utilizando análisis de varianza y test *post hoc*.

Zamburiña. Lo mismo que en el caso del mejillón, se utilizaron los test de Kolmogorov-Smirnov para determinación de normalidad y de Levene para homogeneidad de varianza. Debido a que los resultados no eran homogéneamente (normalmente) distribuidos se aplicó el test de Kruskal-Wallis y el de Mann-Whitney.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE CONTENIDOS METÁLICOS.

III. 1. Algas.

La media, intervalo y desviación estándar del contenido de **Pb** y **Cd** del total de ejemplares estudiados se muestra en la Tabla 18.

Metal	Media µg/g	D.S.	mín. µg/g	Máx. µg/g
Pb	0,17 ph	0,17	0,02 ph	1,19 ph
Pb	11,2 ps	13,5	2,09 ps	81,8 ps
Cd	0,17 ph	0,11	0,04 ph	0,77 ph
Cd	1,13 ps	0,85	0,19 ps	5,13 ps

Tabla 18. Contenidos de Pb y Cd en el total de muestras analizadas.

Pb. El valor medio de **Pb**, expresado en peso seco, es $11,2 \pm 13,5$ µg/g, ligeramente superior al citado por Sivalingam (1978) como normal en algas tropicales, que es 10 µg/g. En la Tabla 19 se ve, además, que *Padina pavonica* tiene el mayor valor de contenido, 14,8 µg/g, mientras que *Fucus spiralis* presenta el menor, 4,96 µg/g.

En términos generales y considerando peso seco, Tabla 19, se observa que el Puertito de Güimar presenta las mayores concentraciones del metal, debido probablemente a que la zona se encuentra dentro del área de influencia de un núcleo de población urbana, turística e industrial que aporta grandes efluentes al mar.

Teniendo en cuenta el total de muestras, 63 (67,7%) tienen menos de 10 µg/g; 22 (23,6%) entre 10 y 20 µg/g; y 8 (8,6%) alcanzan contenidos mayores de 20 µg/g. Esto significa que 30 muestras (32,3%) se consideran contaminadas al estar por encima del límite de normalidad de 10 µg/g.

En la Tabla 20 se muestran los contenidos de **Pb** de las ocho muestras que han sobrepasado 20 µg/g, relacionando sus localidades de procedencia. Es de resaltar que los máximos contenidos no son observados siempre en la misma especie y/o localidad de muestreo. Consecuentemente, el concepto de contaminación o polución no puede ser asignado estrictamente ni a especie ni a localidad de muestreo.

Table 1
Mean lead and cadmium values ($\mu\text{g/g}$) for species related to sampling localities

<i>Phaeophyta</i>	Samples	Lead				Cadmium			
		Mean		S.D.		Mean		S.D.	
		Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry
<i>Cystoseira abies marina</i>	21	0.21	11.8	0.27	18.3	0.20	1.19	0.16	1.14
Punta del Hidalgo	5	0.09	5.68			0.17	1.06		
Puertito de Güimar	2	0.38	28.6			0.13	2.14		
La Tejita	4	0.11	6.46			0.16	0.95		
Punta Barbero	4	0.53	25.3			0.45	2.04		
Caleta de Interián	5	0.12	6.52			0.11	0.59		
Garachico	1	0.05	3.52			0.07	0.48		
<i>Cystoseira discors</i>	15	0.15	10.2	0.14	12.2	0.16	1.19	0.09	0.72
Punta del Hidalgo	3	0.09	6.24			0.17	1.14		
Puertito de Güimar	4	1.01	20.9			0.21	1.57		
La Tejita	2	0.13	7.17			0.21	1.04		
Punta Barbero	3	0.13	8.01			0.13	0.8		
Caleta de Interián	2	0.07	4.89			0.09	1.12		
Garachico	1	0.03	2.66			0.07	0.57		
<i>Cystoseira compressa</i>	15	0.19	14.5	0.16	16.8	0.19	1.36	0.11	1.04
Punta del Hidalgo	6	0.12	8.69			0.14	1.01		
Puertito de Güimar	3	0.30	22.3			0.23	1.74		
La Tejita	4	0.15	8.37			0.22	1.23		
Punta Barbero	4	0.27	23.4			0.21	1.71		
<i>Cystoseira humilis</i>	15	0.13	8.29	0.03	2.45	0.14	0.92	0.06	0.34
Punta del Hidalgo	3	0.15	11.1			0.15	1.11		
Puertito de Güimar	2	0.13	8.17			0.16	1.00		
La Tejita	1	0.10	4.47			0.29	1.33		
Punta Barbero	3	0.12	8.07			0.10	0.66		
Caleta de Interián	3	0.11	7.09			0.14	0.82		
<i>Fucus spiralis</i>	7	0.19	4.96	0.28	2.44	0.09	0.62	0.02	0.18
Caleta de Interián	3	0.06	4.46			0.07	0.66		
La Tejita	4	0.29	5.34			0.10	0.82		
<i>Sargassum vulgare</i>	15	0.15	11.3	0.14	11.2	0.16	1.22	0.09	0.70
Punta del Hidalgo	5	0.15	11.6			0.13	1.08		
Puertito de Güimar	4	0.25	18.6			0.20	1.47		
La Tejita	2	0.07	5.03			0.19	1.19		
Caleta de Interián	4	0.10	6.69			0.17	1.16		
<i>Padina pavonica</i>	6	0.22	14.8	0.10	5.64	0.18	1.15	0.09	0.45
Punta del Hidalgo	1	0.27	22.1			0.17	1.43		
Puertito de Güimar	2	0.17	13.6			0.11	0.81		
La Tejita	1	0.08	3.99			0.11	0.57		
Punta Barbero	2	0.33	17.8			0.30	1.66		

Tabla 19. Contenido de Pb y Cd por especie y localidad de muestreo.

Especie	Pb $\mu\text{g/g}$	Cd $\mu\text{g/g}$	Localidad de muestreo
<i>Cystoseira abies marina</i>	49,59	3,80	Puertito de Güimar
<i>Cystoseira foeniculacea</i>	53,77	3,42	Puertito de Güimar
<i>Cystoseira compressa</i>	49,59	3,99	Puertito de Güimar
<i>Sargassum vulgare</i>	48,64	3,52	Puertito de Güimar
<i>Cystoseira abies marina</i>	81,79	5,13	Punta Barbero
<i>Cystoseira compressa</i>	67,83	4,18	Punta Barbero
<i>Sargassum vulgare</i>	23,09	-	Punta del Hidalgo
<i>Padina pavonica</i>	22,14	-	Punta del Hidalgo

Tabla 20. Relación de especies con mayores concentraciones de Pb y Cd (valores superiores a los normales de referencia).

No obstante, cuatro muestras (*Cystoseira abies marina*, *Cystoseira foeniculacea*, *Cystoseira compressa* y *Sargassum vulgare*) del Puertito de Güimar presentan los mayores valores, pero otras muestras del mismo lugar no alcanzaron valores tan altos, lo cual induce la hipótesis de una contaminación temporal, no mantenida, ya que las algas analizadas y con contenidos más llamativos eran ejemplares juveniles. El test de Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas en el contenido de **Pb** entre localidades de muestreo, tanto en peso seco como en peso húmedo, con valores χ^2 de 0,0003 y 0,0014, respectivamente. Al no haberse realizado test a posteriori de estadística paramétrica, no hay posibilidad de establecer un orden de prelación de localidades en función de los contenidos metálicos.

Cd. De igual forma que en el caso del **Pb**, la Tabla 20 muestra claramente que los mayores contenidos de **Cd**, en general, corresponden al Puertito de Güimar, en conexión con los efluentes urbanos e industriales anteriormente citados. Estudios previos muestran que los valores de normalidad de **Cd** en algas varían entre 1,0 – 2,0 $\mu\text{g/g}$ ps, oscilando entre mínimos de 0,05 y máximos de 20,8 $\mu\text{g/g}$ en diferentes especies de algas.

El contenido medio, referido a peso seco, es $1,13 \pm 0,85 \mu\text{g/g}$, dentro, por tanto del rango de normalidad considerado. Entre todas las muestras estudiadas, 55,95% tienen contenidos $\leq 1,0 \mu\text{g/g}$, 37,65% entre 1,0 y 2,0 $\mu\text{g/g}$ y 6,4% exceden 2,0 $\mu\text{g/g}$. Este último % corresponde a 6 muestras que se pueden considerar contaminadas y que tienen, además, altos contenidos de **Pb**, correspondientes al Puertito de Güimar y a Punta Barbero (Tabla 20).

Como conclusiones generales, el contenido de **Pb** parece ser ligeramente superior al considerado normal por otros autores en diferentes áreas geográficas (2,0 – 10 2,0 $\mu\text{g/g}$), ya que únicamente el 30% de nuestras muestras sobrepasan dicho límite. El **Cd**, por contrario, presenta contenidos más normales respecto a los de referencia, puesto que únicamente un 6,4% sobrepasan 2,0 $\mu\text{g/g}$. Es importante remarcar que los máximos valores de **Pb** se solapan con los de **Cd** (mismas muestras), procedentes del Puertito de Güimar y de Punta Barbero, localidades situadas en el área de influencia de dos focos urbanos, turísticos e industriales de importancia, que indudablemente implican impacto ambiental.

III. 2. Mejillones.

En la Tabla 21 se muestran los resultados de peso seco, humedad y cenizas de los mejillones en función de la marca comercial, y no se observan diferencias significativas al utilizar todas las marcas comerciales el mismo tipo de mejillón y procedencia. Aunque es de hacer notar que nuestros resultados de peso húmedo, en el intervalo $66,53 \pm 0,22 - 67,95 \pm 0,17 \%$, con valor medio $67,70 \pm 2,40 \%$, difieren ligeramente de los referidos por Moreiras et alia (1999), $85,4\%$, pero no cabe duda que el hecho de ser nuestras muestras conservadas y, por tanto, cocinadas en los líquidos de cobertura provocan la pérdida de cierta cantidad de líquidos internos, que los ejemplares frescos mantienen. El tamaño/peso de los ejemplares es también muy homogéneo, con intervalo de variación entre un mínimo de $3,16 \pm 0,07$ y máximo de $3,35 \pm 0,03$ g/ejemplar en peso seco, y media $3,24 \pm 0,24$ g/ejemplar en peso seco¹².

MARCA	N =	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	PESO CENIZAS (g)
A	150	3.25 ± 0.04	67.51 ± 0.34	0.17 ± 0.01
B	90	3.30 ± 0.001	67.03 ± 0.15	0.19 ± 0.01
C	51	3.21 ± 0.04	67.92 ± 0.27	0.19 ± 0.02
D	129	3.16 ± 0.07	67.95 ± 0.17	0.22 ± 0.02
E	93	3.23 ± 0.04	67.68 ± 0.24	0.18 ± 0.02
F	57	3.35 ± 0.03	66.53 ± 0.22	0.21 ± 0.02

Tabla 21. Composición general de peso seco, humedad y cenizas por marca comercial.

En la Tabla 22 se muestran los valores correspondientes a las conservas en función del tipo de presentación, oscilando los valores de peso seco entre un mínimo de $2,99 \pm 0,08$ en **Nature** y máximo de $3,30 \pm 0,02$ g/ejemplar en peso seco en **Escabeche**.

¹² Al utilizarse las tablas de los trabajos originales, debe recordarse que en inglés se utiliza la , para denotar unidades de millar, y el . para los decimales; al contrario que en castellano.

PRESENTACIÓN	N	PESO SECO (g)	% HUMEDAD	PESO CENIZAS (g)
SALSA DE VIEIRA	213	3,28 ± 0,04	66,80 ± 0,40	0,25 ± 0,01
ESCABECHE	240	3,30 ± 0,02	67,02 ± 0,15	0,18 ± 0,007
NATURE	75	2,99 ± 0,08	69,80 ± 0,40	0,16 ± 0,02
BIONATURE	41	3,14 ± 0,05	68,62 ± 0,47	0,22 ± 0,03

Tabla 22. Composición general de peso seco, humedad y cenizas por presentación.

La Tabla 23 muestra los resultados del contenido de metales pesados tóxicos y esenciales de los mejillones, teniendo en cuenta las marcas y presentaciones. Todos los resultados de **Hg** fueron inferiores al límite de detección del equipo, que es de 5 µg/kg, debido a que el pequeño tamaño de la muestra procesada (0,5 g), implicó que la señal fuese siempre inferior al “ruido” del equipo, con lo cual fue imposible determinar la concentración de este metal en las muestras. Este límite de detección es muchísimo más pequeño que el máximo permitido por la legislación europea para consumo humano en pescados blancos (no existe legislación ad hoc para moluscos bivalvos), que es 500 µg/kg peso húmedo¹³.

Como únicos datos de comparación, Nixon et alia (1994 y 1995) dan contenidos en el rango 10 – 210 µg/kg en peces y crustáceos decápodos nadadores (gambas y langostinos) e Ysart et alia (1999) refieren 10 – 130 µg/kg en moluscos.

Los contenidos de **Pb** fueron siempre mucho más bajos que el máximo permitido por las Directivas de la Comunidad Europea (1 mg/kg en 2001 y 1,5 mg/kg en 2006, actualmente vigente), encontrándose la mayor concentración en conservas de la marca **F (Isabel)**: 8,09 ± 0,85 µg/kg, y respecto a las presentaciones en la de **Escabeche**: 8,16 ± 1,10 µg/kg (Figura 2).

13 Las normas de la revista *Journal of Food Protection* nos obligó a utilizar unidades de µg/kg en vez de las usuales de µg/g . La usual se convierte en la obligada multiplicando por 1000: 0,5 µg/g = 500 µg/kg.

TABLE 4. Heavy metal concentration ($\mu\text{g}/\text{kg}$ wet weight) with respect to brand and processing type

Metal	Brand	Coquille St. Jacques sauce	Pickled sauce	Nature	Bionature	Mean \pm SD
Pb	A	4.47 \pm 0.68	7.75 \pm 0.68	7.73 \pm 0.82		6.96 \pm 0.48
	B	7.12 \pm 0.86	7.87 \pm 0.75			7.57 \pm 0.25
	C		7.94 \pm 1.09			7.94 \pm 1.09
	D	5.28 \pm 0.84	5.90 \pm 0.92	5.58 \pm 0.96	8.16 \pm 1.10	6.38 \pm 0.36
	E	6.21 \pm 0.80	7.96 \pm 0.65			7.17 \pm 0.20
	F		8.09 \pm 0.85			8.09 \pm 0.85
Cd	A	5.13 \pm 0.46	4.49 \pm 0.18	4.52 \pm 0.32		4.65 \pm 0.08
	B	4.74 \pm 0.35	4.94 \pm 0.44			4.86 \pm 0.11
	C		5.71 \pm 0.87			5.71 \pm 0.87
	D	6.00 \pm 0.59	5.55 \pm 0.29	4.87 \pm 0.53	4.35 \pm 0.24	5.01 \pm 0.09
	E	4.33 \pm 0.36	3.98 \pm 0.15			4.14 \pm 0.10
	F		4.60 \pm 0.34			4.60 \pm 0.34
Cu	A	1,380 \pm 70	1,870 \pm 110	1,880 \pm 110		1,760 \pm 70
	B	1,170 \pm 120	1,560 \pm 90			1,400 \pm 80
	C		1,580 \pm 130			1,580 \pm 130
	D	1,120 \pm 110	1,790 \pm 190	1,490 \pm 120	1,580 \pm 100	1,460 \pm 80
	E	1,600 \pm 150	1,790 \pm 120			1,710 \pm 90
	F		1,550 \pm 90			1,550 \pm 90
Ni	A	5,110 \pm 270	5,570 \pm 250	4,920 \pm 400		5,220 \pm 190
	B	7,920 \pm 100	6,360 \pm 710			6,980 \pm 250
	C		7,760 \pm 260			7,760 \pm 260
	D	8,300 \pm 850	6,780 \pm 290	7,660 \pm 720	8,870 \pm 350	8,030 \pm 350
	E	4,580 \pm 270	4,950 \pm 290			4,780 \pm 200
	F		5,830 \pm 250			5,830 \pm 250
Fe	A	18,310 \pm 2,920	42,180 \pm 5,960	33,270 \pm 2,240		33,240 \pm 3,010
	B	32,350 \pm 3,070	26,650 \pm 1,700			28,330 \pm 1,730
	C		44,620 \pm 4,700			44,620 \pm 4,700
	D	28,260 \pm 3,140	31,870 \pm 3,800	32,070 \pm 4,220	35,520 \pm 3,510	31,920 \pm 1,880
	E	33,320 \pm 5,130	42,550 \pm 3,990			38,380 \pm 3,310
	F		26,220 \pm 2,350			26,220 \pm 2,350
Zn	A	51,530 \pm 2,530	62,370 \pm 3,430	74,620 \pm 4,400		64,180 \pm 2,510
	B	63,040 \pm 2,630	56,680 \pm 2,950			59,230 \pm 2,150
	C		69,830 \pm 2,810			69,830 \pm 2,810
	D	60,880 \pm 3,080	59,430 \pm 3,600	71,060 \pm 7,230	58,890 \pm 2,730	61,620 \pm 2,020
	E	60,550 \pm 3,620	53,770 \pm 2,040			56,680 \pm 2,080
	F		61,190 \pm 2,870			61,190 \pm 2,870
Cr	A	1,420 \pm 100	1,480 \pm 70	1,290 \pm 80		1,400 \pm 50
	B	1,770 \pm 80	1,740 \pm 80			1,750 \pm 40
	C		2,120 \pm 100			2,120 \pm 100
	D	1,760 \pm 100	1,800 \pm 100	1,390 \pm 140	1,750 \pm 90	1,700 \pm 60
	E	1,250 \pm 90	1,270 \pm 60			1,260 \pm 50
	F		1,690 \pm 100			1,690 \pm 100
Mn	A	1,610 \pm 180	1,740 \pm 70	1,350 \pm 110		1,570 \pm 80
	B	2,040 \pm 180	1,370 \pm 70			1,630 \pm 110
	C		1,800 \pm 190			1,800 \pm 190
	D	1,820 \pm 180	1,490 \pm 170	1,510 \pm 160	1,800 \pm 150	1,700 \pm 90
	E	1,950 \pm 160	1,640 \pm 100			1,780 \pm 100
	F		1,430 \pm 470			1,430 \pm 470

Tabla 23. Contenido de metales pesados en función de marca comercial y presentación.

Los contenidos de **Cd** fueron también muy bajos respecto al límite de las Directivas Europeas (1 mg/kg en 2001 y el mismo valor en 2008, actualmente vigente), siendo la marca **C (Eureka)**, la que presenta valores más altos: $5,71 \pm 0,87 \mu\text{g/kg}$, y respecto a las presentaciones es la **Salsa de Vieira** la de más alto contenido: $6,0 \pm 0,59 \mu\text{g/kg}$ (Figura 2).

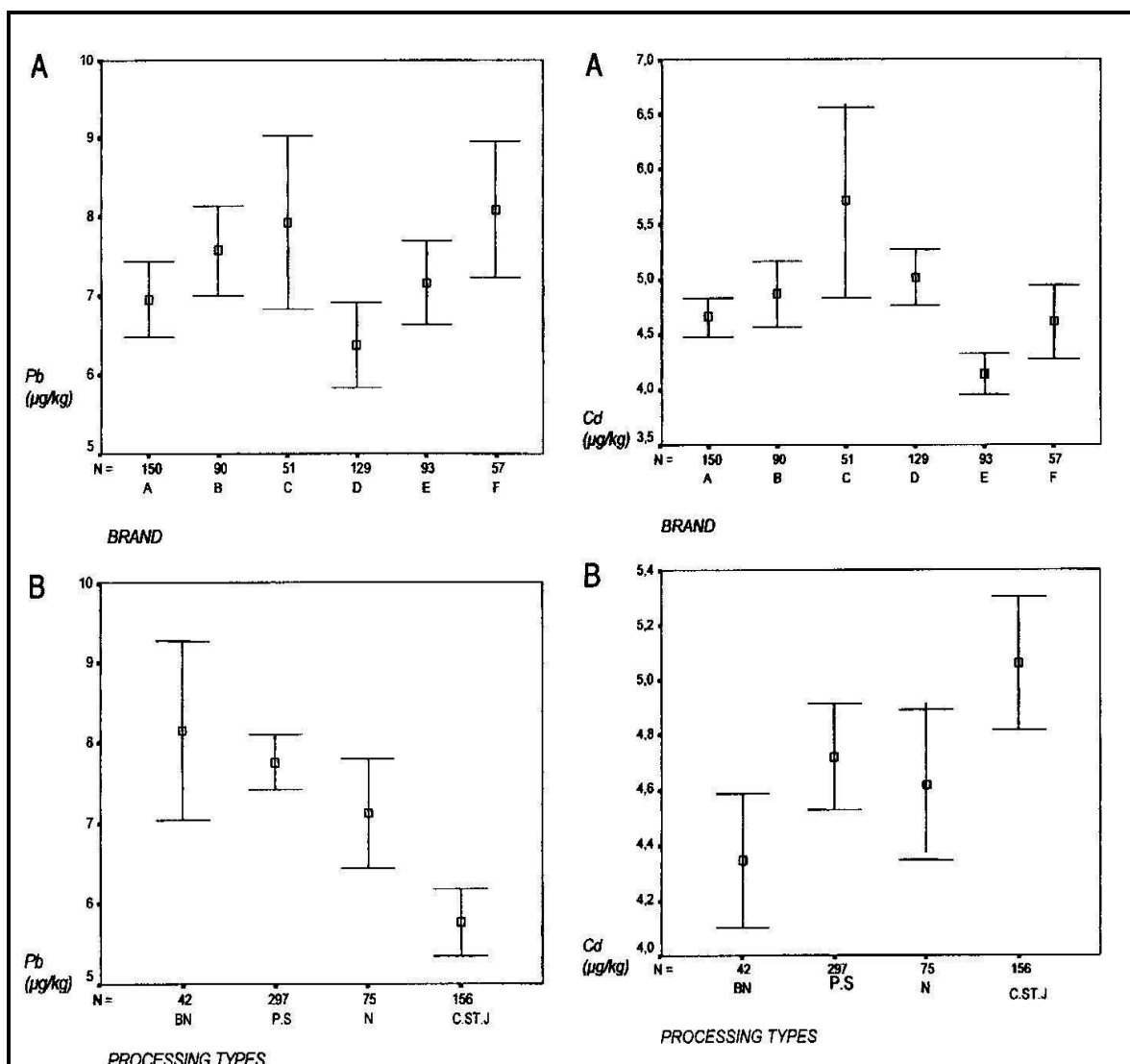


Figura 2. Contenidos de Pb y Cd en mejillones: A = por marcas; B = por presentaciones. BN = Bionature; N = Nature; P.S = Escabeche; C.ST.J = Salsa de Vieira.

La marca **C (Eureka)** contiene las máximas concentraciones de **Cr** ($2.120 \pm 100 \mu\text{g/kg}$), **Fe** ($4.620 \pm 4.700 \mu\text{g/kg}$), **Mn** ($1.800 \pm 190 \mu\text{g/kg}$) y **Zn** ($69.830 \pm 2.810 \mu\text{g/kg}$), y al tratarse de los ejemplares enlatados más pequeños de entre las

diferentes marcas se remarca la tesis de que son los ejemplares más jóvenes los que concentran con mayor intensidad los metales (Tabla 24 y 25).

La marca **D (Miau)** presenta los máximos valores de contenido de **Ni** ($8.030 \pm 350 \mu\text{g}/\text{kg}$), y la **A (Ecuris)** es la que mayores contenidos tiene de **Cu** ($1.760 \pm 70 \mu\text{g}/\text{kg}$). Los resultados obtenidos en la marca **C** ratifican el hecho de que las concentraciones de **Pb, Cu, Zn** y **Fe** decrecen con el incremento de talla y peso de los mejillones, mientras que las de **Ni** y **Cd** permanecen prácticamente constantes, en condiciones normales (Tablas 24 y 25).

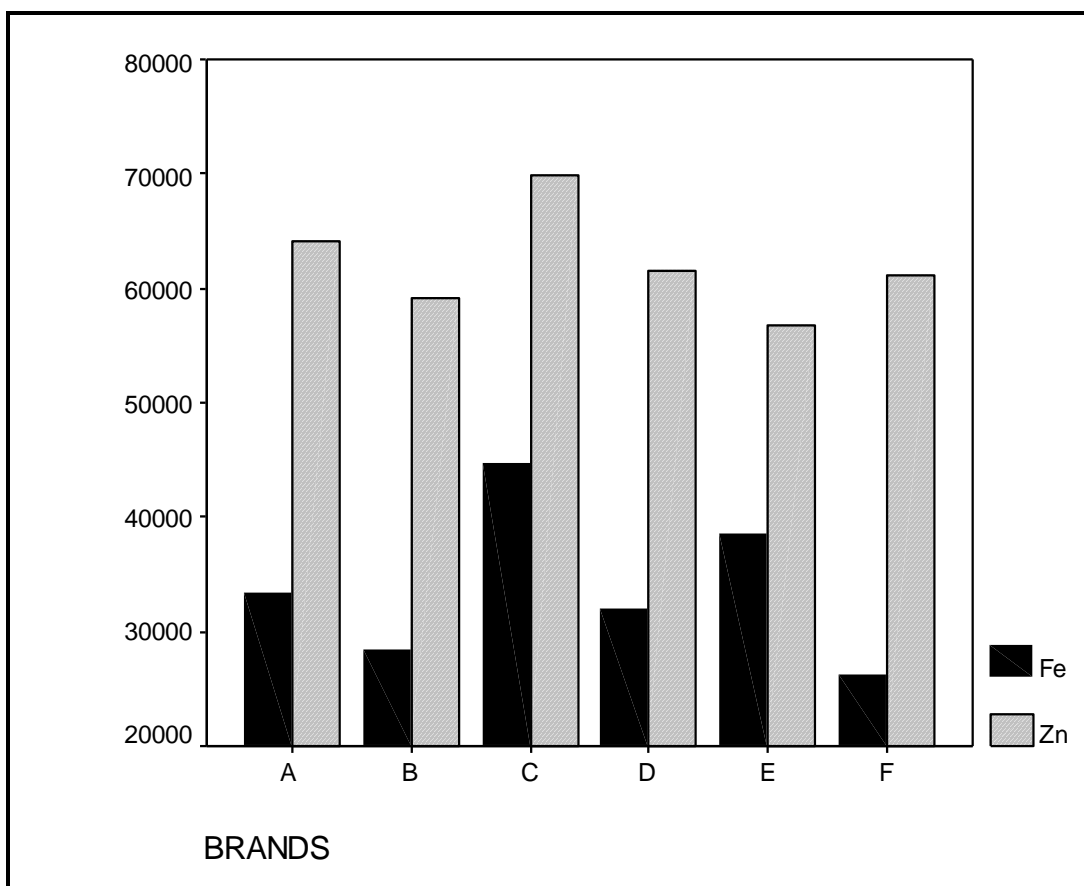


Tabla 24. Contenidos de Fe y Zn en mejillones por marca comercial.
MEAN (µg/kg wet weight) = MEDIA (µg/kg peso húmedo). BRANDS = MARCAS.

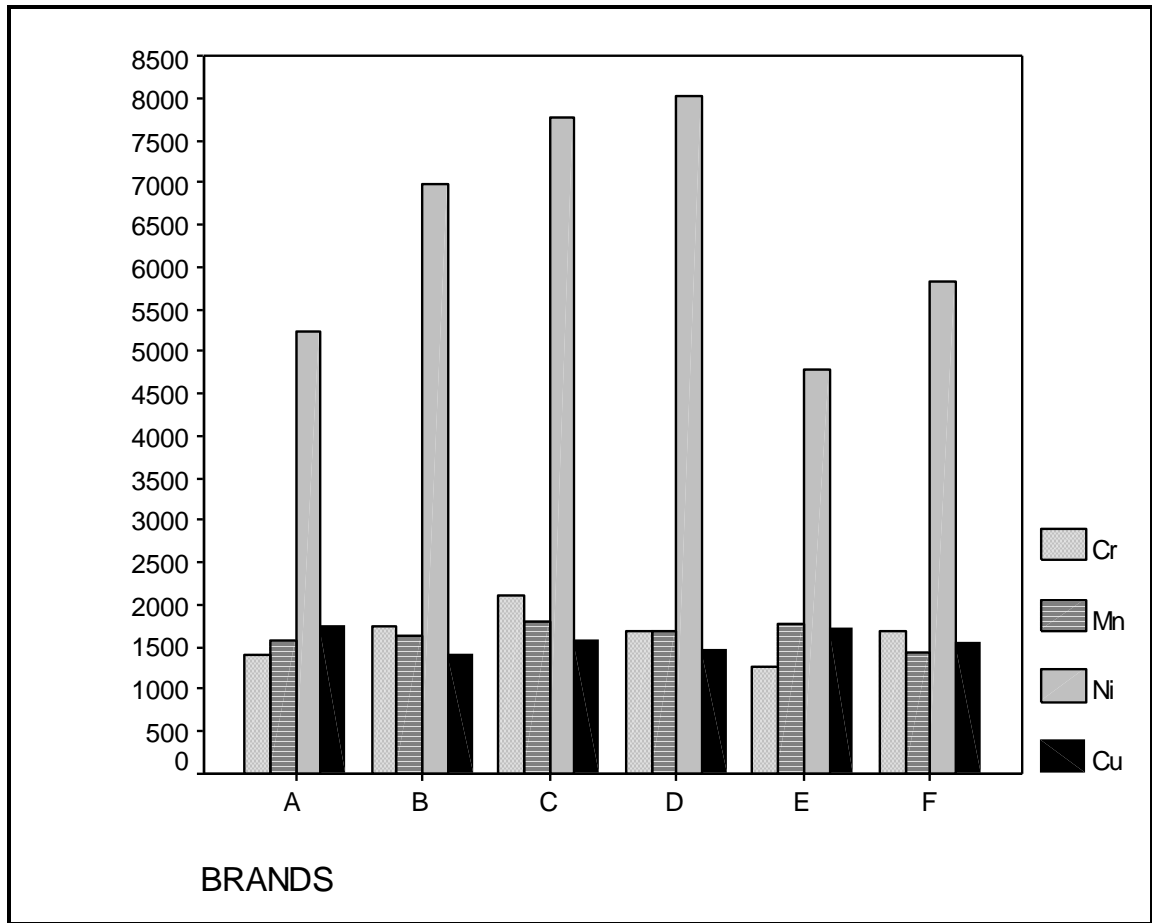


Tabla 25. Contenidos de Cr, Mn, Ni y Cu en mejillones por marca comercial. MEAN ($\mu\text{g}/\text{kg}$ wet weight) = MEDIA ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso húmedo). BRANDS = MARCAS.

Las Tablas 26 y 27 muestran el consumo necesario/día de mejillones para sobrepasar la Ingesta Diaria Admisible de **Pb** y **Cd** en humanos. Como el consumo común de mejillones es notablemente menor que el umbral limitante, cualquiera de las marcas comerciales y tipos de presentación debe ser considerada como segura desde el punto de vista de sanidad alimentaria.

En la Tabla 28 se expresan los datos referentes a la importancia dietética del consumo de 150 g de mejillones enlatados, correspondiente al contenido medio neto de una lata, en cuanto a su aportación a la **IDR** de los diferentes metales esenciales. Destaca sobremanera el caso del **Zn**, con un 70 %, y el **Fe** con un 44%, pero no son desdeñables los del **Cu**, con un 18,46% y del **Mn**, con un 13,50%.

Debido a las bajas concentraciones de metales pesados tóxicos y altas de metales pesados esenciales, los mejillones tienen un importante cometido como

alimentos marinos de alta calidad, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (1988).

MARCA	S.V	E	N	BN
A	194,933	222,717	221,238	
B	210,970	202,429		
C		175,131		
D	166,666	180,180	205,338	229,885
E	230,946	251,256		
F		217,391		

**Tabla 26. Consumo diario, en kg ph, necesarios para sobrepasar la IDA de Pb.
S.V. = SALSA DE VIEIRA. E = ESCABECHE. N = NATURE. BN = BIONATURE.**

MARCA	S.V	E	N	BN
A	212,765	129,032	129,366	
B	140,449	127,064		
C		125,944		
D	189,393	169,491	179,211	122,549
E	161,030	125,628		
F		123,609		

**Tabla 27. Consumo diario, en kg ph, necesarios para sobrepasar la IDA de Cd.
S.V. = SALSA DE VIEIRA. E = ESCABECHE. N = NATURE. BN = BIONATURE.**

METAL	IDR	[X] EN 150 g	%
Mn	2 - 5,0 mg/día	0,27 mg	13,50%
Fe	15 mg/día	6,60 mg	44%
Cu	1,3 - 3,0 mg/día	0,24 mg	18,46%
Zn	15 mg/día	10,47 mg	70%

Tabla 28. Importancia dietética de 150 g de ingestión de mejillones (\approx una lata) con referencia a metales pesados esenciales con IDR, en adultos.

III. 3. Zamburiñas.

La Tabla 29 muestra los valores determinados en cuanto a tamaño entre zamburiñas de todas las marcas comerciales, siendo notablemente mayores las correspondientes a la marca **H (Albo)**, con valor medio de $25,32 \pm 2,42$ mm. Esta Tabla también refleja los valores de peso seco, % de humedad y peso de cenizas, siendo las marcas **B (Calvo)** y **J (Javimar)** las que tienen menor peso seco y mayor contenido de humedad, mientras que las zamburiñas de la marca **A (Ecuris)** presentan el mayor peso de cenizas.

Los valores de humedad obtenidos, entre $67,34 \pm 3,07$ y $71,89 \pm 1,12\%$, son menores que los referidos por Moreiras et alia (2004) en sus Tablas de Composición de Alimentos¹⁴, pero debe tenerse en cuenta que muestras procesadas de forma diferente pueden tener contenidos de humedad diferentes al ser los calentamientos también diferentes.

La Tabla 30 y Figuras 3 y 4 reflejan los valores de contenido metálico determinados en todas las muestras estudiadas.

¹⁴ Exactamente igual que para el caso de los mejillones en las Tablas de Composición de Alimentos de 1999.

TABLE 1. Dry weight, percent moisture, and ash weight of seven Spanish brands of variegated scallops^a

Brand	No. of samples analyzed	Size (mm)	Dry weight (g)	Moisture (%)	Ash weight (g)
A	30	19.83 ± 1.94	3.03 ± 0.13	69.67 ± 1.28	0.25 ± 0.07
B	28	19.24 ± 1.68	2.85 ± 0.08	71.46 ± 0.80	0.18 ± 0.07
D	30	20.04 ± 1.30	3.18 ± 0.39	68.19 ± 3.94	0.23 ± 0.07
H	28	25.43 ± 2.42	3.14 ± 0.11	68.64 ± 1.10	0.22 ± 0.07
J	28	18.74 ± 2.87	2.81 ± 0.11	71.89 ± 1.12	0.16 ± 0.07
L	28	19.07 ± 1.85	3.27 ± 0.31	67.34 ± 3.07	0.18 ± 0.07
M	32	20.20 ± 1.39	3.03 ± 0.11	69.72 ± 1.09	0.24 ± 0.12

^a Values are mean ± standard deviation.

Tabla 29. Valores de tamaño, peso seco, humedad y cenizas de zamburiña.

TABLE 2. Concentrations of toxic heavy metals per brand of scallops

Brand	Cadmium		Lead		Mercury	
	No. of samples	Concn (µg kg ⁻¹)	No. of samples	Concn (µg kg ⁻¹)	No. of samples	Concn (µg kg ⁻¹)
A	28	1087.45 ± 434.98	28	190.97 ± 89.14	16	41.77 ± 6.67
B	26	820.66 ± 244.91	22	187.15 ± 95.08	16	23.13 ± 4.16
D	30	981.96 ± 284.11	30	232.27 ± 101.80	16	35.70 ± 13.23
H	28	693.86 ± 176.88	28	113.36 ± 62.76	16	8.6 ± 6.5
J	28	928.13 ± 267.38	28	301.64 ± 118.12	16	— ^a
L	26	983.15 ± 328.93	28	219.02 ± 83.52	16	44.57 ± 7.22
M	32	899.69 ± 294.39	30	202.85 ± 73.34	16	48.33 ± 5.97

^a Brand could not be analyzed because no samples were available in the market.

Tabla 30. Contenido de Cd, Pb y Hg por marcas comerciales de zamburiña.

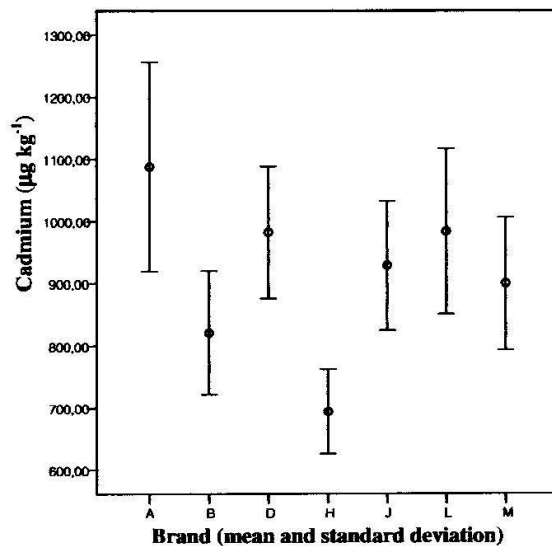


FIGURE 1. Content of cadmium (micrograms per kilogram) in variegated scallops.

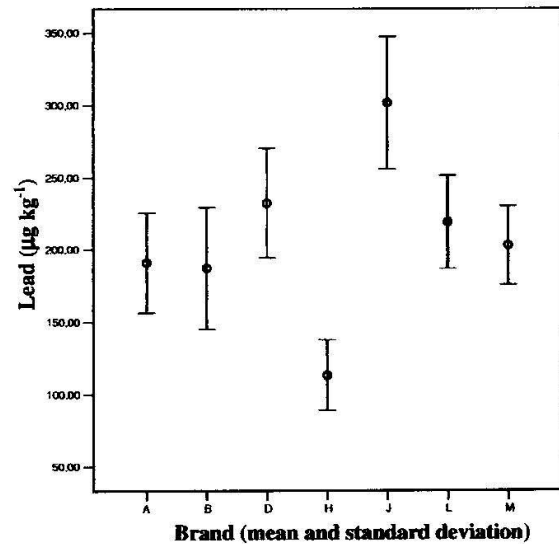


FIGURE 3. Content of lead (micrograms per kilogram) in variegated scallops.

Figura 3. Contenidos de Cd y Pb en zamburiñas.

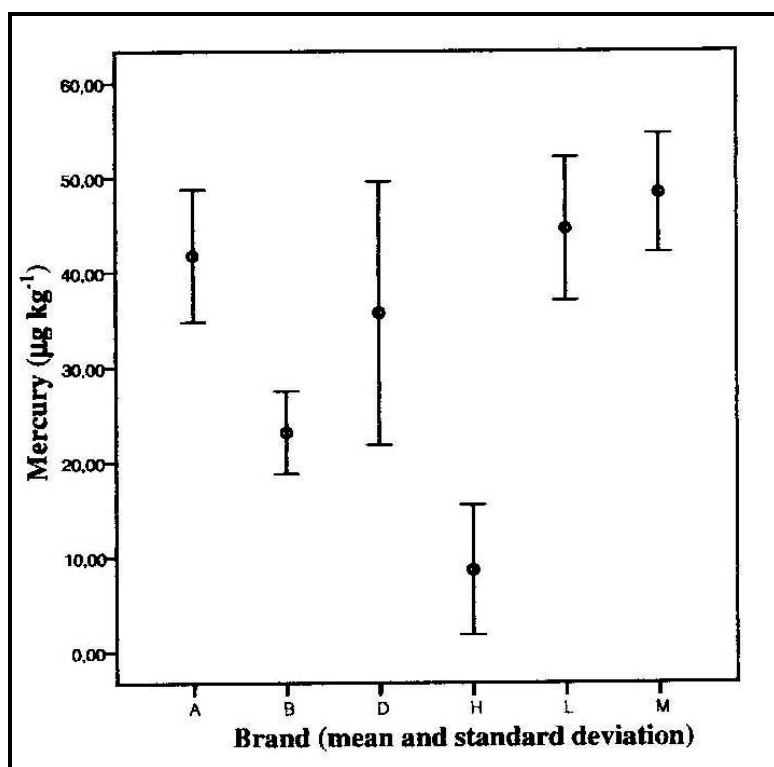


Figura 4. Contenidos de Hg en zamburiñas.

Cd. No se observan diferencias significativas en contenido de **Cd** entre las marcas **A (Escuris)**, **D (Miau)**, **J (Javimar)**, **L (Rianxeira)** y **M (Pescamar)**, pero las zamburiñas de la marca **H (Albo)** presentan contenidos medios de $693,86 \pm 176,88 \mu\text{g/kg}$, notablemente menores que las de las anteriores marcas.

La mayor concentración de **Cd** se encontró en la marca **A (Escuris)**, con $1.087,45 \pm 434,98 \mu\text{g/kg}$, que es superior al límite establecido por la Comunidad Europea (EC 466/2001, entonces) en 2007, y también ahora (Reglamento (CE) 629/2008), que es $1,0 \text{ mg/kg}$ ($1.000 \mu\text{g/kg}$).

Una forma de minimizar el riesgo toxicológico de ingesta de **Cd** a partir de estos moluscos es eliminar el hepatopáncreas, consumiendo exclusivamente la masa muscular, que tiene menor actividad de fijación de metales que el anterior órgano.

Pb. No se detectan diferencias significativas en los contenidos de **Pb** entre las marcas **A (Escuris)**, **B (Calvo)**, **D (Miau)**, **L (Rianxeira)** y **M (Pescamar)**, pero sí, y muy llamativas, entre las marcas **H (Albo)** y **J (Javimar)** con las cinco anteriores. Las zamburiñas de la marca **A (Escuris)** presentan la menor

concentración hallada: $113,36 \pm 62,76 \mu\text{g}/\text{kg}$, mientras que las de la marca **J (Javimar)** tienen la máxima: $301,64 \pm 118,12 \mu\text{g}/\text{kg}$.

Nuestros datos son similares a los de otros autores tomados como referencia, y notablemente menores que el máximo permitido por el Reglamento (CE) 188/2006, que es $1,5 \text{ mg}/\text{kg}$.

Hg. La marca **M (Pescamar)** es la que presenta mayor contenido de **Hg**: $48,33 \pm 5,97 \mu\text{g}/\text{kg}$, siendo la marca **H (Albo)** la que presenta el valor mínimo: $8,6 \pm 6,5 \mu\text{g}/\text{kg}$. Todos los valores determinados son particularmente inferiores a los de referencia bibliográfica y al máximo permitido por la actual legislación, que es $0,5 \text{ mg}/\text{kg}$.

IV. CONCLUSIONES.

1. En términos generales, el contenido de metales pesados tóxicos en algas feofitas de Tenerife se encuentra por debajo de los niveles de normalidad considerados en la bibliografía de referencia. No obstante, se obtuvieron valores superiores a 10 µg/g ps (valor de normalidad) en 30 muestras (32,3%) en el caso del **Pb**, siempre asociados a localidades de muestreo correspondientes a núcleos de población de alta densidad o a centros industriales.

En el caso del **Cd**, los resultados obtenidos se encuentran mucho más ajustados a los de normalidad, en este caso 1,0 – 2,0 µg/g ps, puesto que los datos medios son de $1,13 \pm 0,85$ µg/g ps, sobrepasando este límite de normalidad únicamente seis muestras, que tienen también altos contenidos de **Pb**.

2. Los contenidos de **Hg** de los mejillones fueron siempre mucho más bajos que el límite de detección del equipo (5 µg/kg), los de **Pb** mucho más bajos que el límite marcado por la actual Directiva europea (1,5 mg/kg ph), encontrándose los mayores valores en la marca **F (Isabel)**, con $8,09 \pm 0,85$ µg/kg, y en la presentación **Escabeche**, con $8,16 \pm 1,10$ µg/kg.

Los contenidos de **Cd** fueron también notablemente bajos respecto al límite de referencia (1 mg/kg ph), siendo en este caso la marca **C (Eureka)** y la presentación **Salsa de Vieira** las de más alto valor, con $5,71 \pm 0,87$ µg/kg y $6,0 \pm 0,59$ µg/kg, respectivamente.

3. El consumo normal de mejillones enlatados de las marcas y presentaciones estudiadas asegura siempre que no se sobrepasen los umbrales de Ingesta Diaria Admisible de ninguno de estos tres metales tóxicos, considerándose por tanto dentro del grupo de alimentos seguros desde el punto de vista de la contaminación metálica.
4. Los contenidos de metales pesados esenciales, generalmente altos o moderadamente altos, convierte a los mejillones en una fuente altamente aprovechable en cuanto al aporte dietético diario de los mismos, puesto que la ingesta de 150 g/día (una lata), asegura el 70% de **Zn**, 44% de **Fe**, 18,46% de **Cu** y 13,50% de **Mn** de dichas necesidades diarias.

5. Las zamburiñas presentan contenidos de **Hg** siempre menores que el máximo permitido (0,5 mg/kg ph), siendo la marca **M (Pescamar)** la que presenta mayores valores ($48,33 \pm 5,97 \mu\text{g/kg}$) y **H (Albo)** los menores ($8,6 \pm 6,5 \mu\text{g/kg}$). Únicamente la marca **A (Ecuris)** presenta contenidos de **Cd** ligeramente por encima del límite de 1,0 mg/kg ph, puesto que presenta una media de $1.087 \pm 434,89 \mu\text{g/kg}$.

Los valores de contenido referentes al **Pb**, siempre por debajo del límite legal de 1,5 mg/kg ph, presentan dos grandes grupos de asociación; el constituido por las marcas **A (Ecuris)**, **B (Calvo)**, **D (Miau)**, **L (Rianxeira)** y **M (Pescamar)** y el conformado por las marcas **H (Albo)** y **J (Javimar)**, siendo estas dos últimas las de mayor contenido, sobre todo la última, que con $301,64 \pm 118,12 \mu\text{g/kg}$ es la más alta concentración.

V. BIBLIOGRAFÍA.

La bibliografía utilizada en la realización de los tres trabajos conformantes de la Tesis Doctoral se encuentra compilada en el capítulo correspondiente de cada uno de ellos, reseñándose aquí, exclusivamente, aquella que ha sido agregada en la labor de redacción final de la memoria, en casos sin cita expresa en el texto.

B.O.C. nº 31, de 16 de febrero de 2009. **RESOLUCIÓN de 3 de febrero de 2009**, por la que se dispone la publicación del Reglamento de Enseñanzas Oficiales de Máster y Doctorado de la Universidad de La Laguna. 2931 – 2945.

B.O.E. nº 52, de 1 de marzo de 2003. **Real Decreto 256/2003**, de 28 de febrero, por el que se fijan los métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial del contenido máximo de plomo, cadmio, mercurio y 3 – monocloropropano – 1, 2 – diol en los productos alimenticios. 8258 – 8261.

Cox, I. (Editor). **The Scallop, Studies of a shell and its influences on humankind**. 135 páginas. Shell Company, Ltd. London. 1957.

Cox, M.M., Nelson, D.L. **Lehninger. Principios de Bioquímica**, 4ª edición. 1296 páginas. Ediciones Omega. Barcelona. 2009.

De Juana, E., De Juana, J.R. **Guía de Pescados y Mariscos de Consumo Usual en España**. 291 páginas. 2ª edición. Ediciones Omega. Barcelona. 1987.

Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

- **Reglamento (CE) nº 1881/2006**, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.
- **Reglamento (CE) nº 333/2007**, de 28 de marzo de 2007, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los

niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo (a) pireno en los productos alimenticios.

- **Reglamento (CE) nº 629/2008**, de 2 de julio de 2008, que modifica el Reglamento CE) nº 1881/2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.

Durand, J.S., Fernández, P, y Garcinuño, R.M^a. **Toxicología Analítica**. 26 páginas. UNED. 2008.

FAO/WHO. **Risk Assessment Studies (2005)**. Thirteen Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. FAO. página 62.

FROM – MAPA. **Manual Práctico sobre Pescados y Mariscos Frescos**. 300 páginas. Madrid. 2005.

Hayden, H.S., J. Blomster, C.A. Maggs, P.C. Silva, M. Stanhope and J.R. Waaland. 2003. **Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct evolutionary entities**. European Journal of Phycology 38:277-294

Orr, A.P., Marshall, S.M. **“The Fertile Sea”**. 131 páginas. Fishing News (Books), Ltd. London. 1969.

Seoáñez Calvo, M (Director). **Manual de Contaminación Marina y Restauración del Litoral**. 565 páginas. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. 2000.

Stryer, L., Berg, J., Tymoczko, J.L. **Bioquímica**. 6^a edición. 1152 páginas. Editorial Reverté. Barcelona. 2009.

WEB.

- **algaebase.org**
- **Google 2010**
- **Google Earth 2010**

- **ISI Web of Knowledge.** Journal Summary List sorted by Impact Factor of 2003.
- **ISI Web of Knowledge.** Journal Summary List sorted by Impact Factor of 2004.
- **ISI Web of Knowledge.** Journal Summary List sorted by Impact Factor of 2007.
- **WoRMS** World Register of Marine Species 2010.